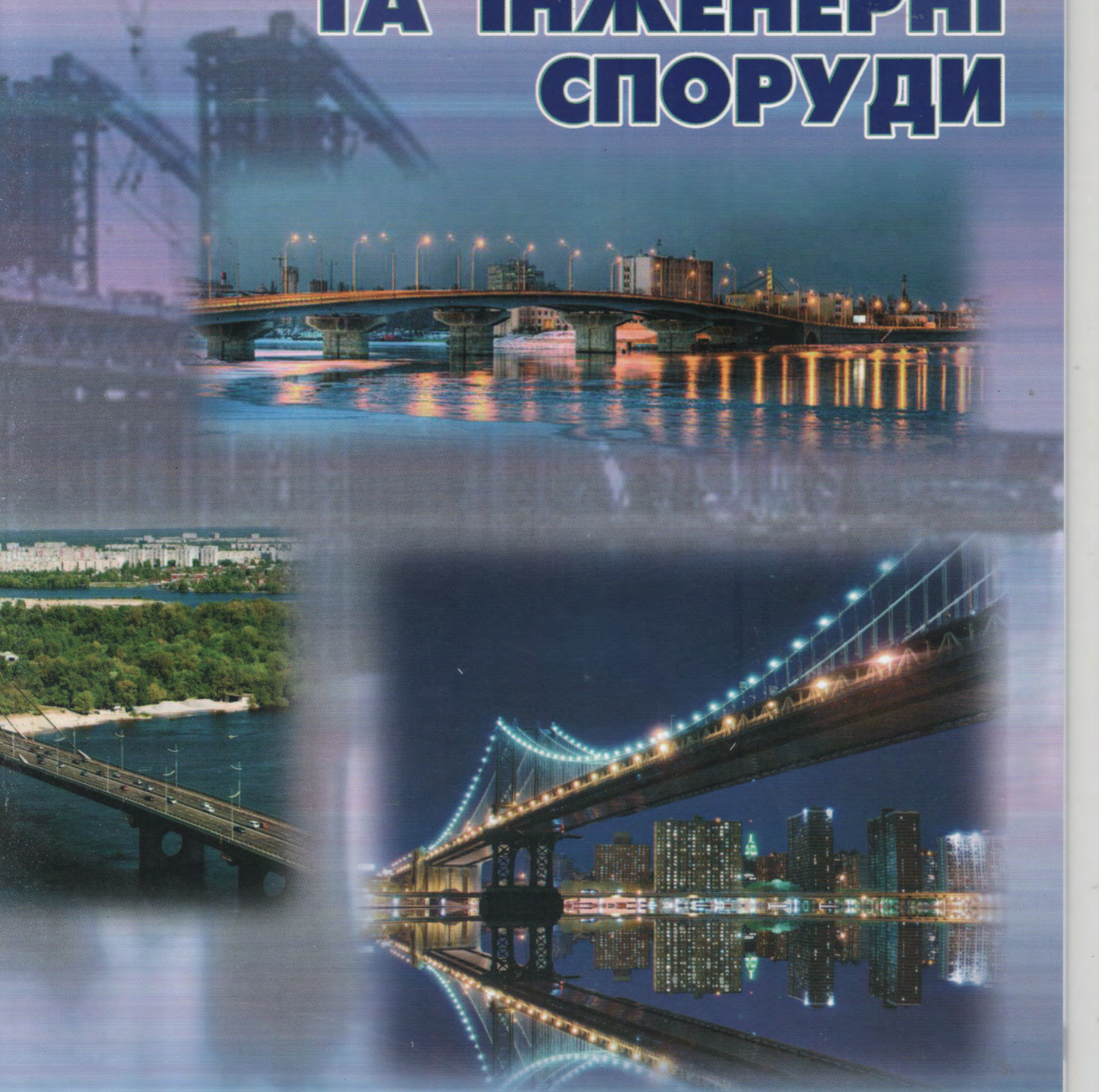
ISSN 1996-8159

ПБіС

2'2019

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ



ЗАСНОВНИКИ

ДЕРЖАВНА КОРПОРАЦІЯ «УКРМОНТАЖСПЕЦБУД»

ТОВ «УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ім. В.М. ШИМАНОВСЬКОГО»

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 17750-6600 ПР від 07.04.2011 р.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР
Адріанов В.П.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР
Лукашевич Т.І.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Абрашкевич Ю.Д., д.т.н., проф.
Беркута А.В., к.е.н.
Гайдайчук В.В., д.т.н., проф.
Голоднов О.І., д.т.н., проф.
Гончаренко Д.Ф., д.т.н., проф.
Гордеєв В.М., д.т.н., проф.
Гуляєв В.І., д.т.н., проф.
Єгоров Є.А., д.т.н., проф.
Кваша В.Г., д.т.н., проф.
Корольов В.П., д.т.н., проф.
Лантух-Лященко А.І., д.т.н., проф.
Лобанов Л.М., академік НАНУ, д.т.н., проф.
Оглобля О.І., д.т.н., проф.
Пасечнюк В.Л.
Пічугін С.Ф., д.т.н., проф.
Стоянов В.В., д.т.н., проф.
Харченко В.В., академік НАНУ, д.т.н., проф.
Шимановський О.В., член-кор. НАНУ, д.т.н., проф.

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА на 2019 — 2020 роки

Абель Д., д.т.н., проф. (США)
Агощ З., д.т.н., проф. (Словаччина)
Бєлоєв М., к.т.н. (Болгарія)
Вєдяков І.І., д.т.н., проф. (Росія)
Грінченко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Зюлко Є., д.т.н., проф. (Польща)
Кавагучі М., д.т.н., проф. (Японія)
Каравайченко М.Г., д.т.н., проф. (Росія)
Като Ш., д.т.н., проф. (Японія)
Кульбах В., академік НАНЕ, д.т.н., проф. (Естонія)
Лан Т., д.т.н., проф. (Китай)
Назаров Ю.П., д.т.н., проф. (Росія)
Новак А., д.т.н., проф. (США)
Розерт Х., д.т.н., проф. (Німеччина)
Сидорович Є.М., д.т.н., проф. (Білорусь)
Спарлінг Б., д.т.н., проф. (Канада)
Трощенко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Тулєбаєв К.Р., д.т.н. (Казахстан)
Янковяк Р., д.т.н., проф. (Польща)

НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ

ПБіС

2'2019

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Виходить 4 рази на рік

Заснований у листопаді 2007 року

ЗМІСТ

ТЕХНІЧНИЙ СТАН МОСТІВ м. КИЄВА

О.В. Шимановський, Д.О. Котлубей, П.М. Сташук
ПІВНІЧНИЙ МІСТ ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ 2

О.В. Шимановський, Д.О. Котлубей, В.В. Шалінський
ТЕХНІЧНИЙ СТАН АВТОДОРОЖНЬОЇ ЧАСТИНИ ДАРНИЦЬКОГО ЗАЛІЗНИЧНО-АВТОМОБІЛЬНОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ 8

О.В. Шимановський, П.М. Сташук
ПІВДЕННИЙ МІСТ ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ. НИНІШНІЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ 14

О.В. Шимановський, Д.О. Котлубей, П.М. Сташук
ПАРКОВИЙ ПІШОХІДНИЙ МІСТ ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ. ТЕХНІЧНИЙ СТАН 19

Д.Й. Тарнопольський, Д.О. Котлубей, О.В. Кот
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МОСТА МЕТРО ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ 24

ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

В.П. Адріанов
ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ 31

НАУКА – ВИРОБНИЦТВУ

Ю.Д. Абрашкевич, Г.М. Мачишин, О.А. Марченко
СИЛОВИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ РУЧНИХ МАШИН ПІД ЧАС РОБОТИ З ВІДРІЗНИМИ АБРАЗИВНИМИ АРМОВАНИМИ КРУГАМИ 38

Згідно з наказом МОН України від 13.03.2017 р. № 374 журнал включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук

© Промислове будівництво та інженерні споруди, 2019

ПІВНІЧНИЙ МІСТ ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ



О.В. Шимановський
генеральний директор
ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського»,
член-кореспондент НАН України,
заслужений діяч науки і техніки
України, д.т.н., професор



Д.О. Котлубей
в.о. начальника
Комунального підприємства
по ремонту та утриманню мостів
і шляхів м. Києва «Київавтошляхміст»



П.М. Сташук
директор
ТОВ «НВП Мостовий центр»,
к.т.н., м. Київ

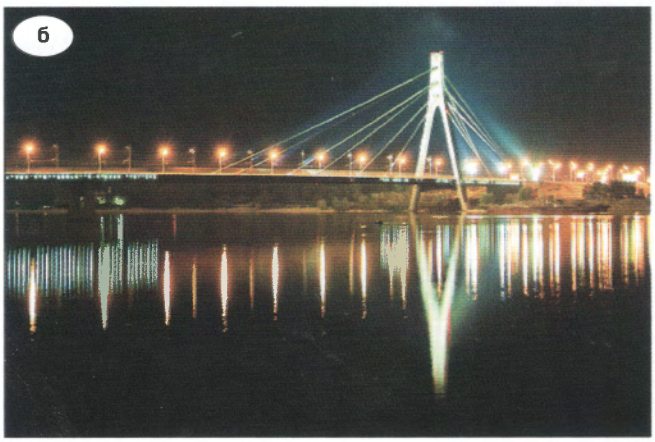
Північний міст через р. Дніпро в м. Києві, будівництво якого було розпочато в 1971 р., а завершено й прийнято в постійну експлуатацію в 1976 р., запроектовано Київською філією Державного інституту з проектування і вишукування автомобільних доріг «Союздорпроект» під керівництвом головного інженера проекту Г.Б. Фукса й призначено для автомобільного та пішохідного руху. Міст зв'язує правобережний Оболонський житловий район м. Києва з розташованими на лівому березі р. Дніпро житловими масивами Райдужний, Троєщина та Воскресенка й складається з безпосередньо вантового моста через р. Дніпро (завдовжки 816 м і завширшки 31,4 м, рис. 1, а–в) й інфраструктурно з ним пов'язаним мостом через р. Десенку завдовжки 732 м та шляхопроводом через проспект Героїв Сталінграда завдовжки 55 м. Проект споруди розроблено згідно з чинними на той час нормами проектування СН 200-62 і СН 365-67. Вантова частина моста запроектована під автомобільне навантаження НА-10 (на 8 смуг руху) і НК-80 та натовп на тротуарах (400 кг/м^2), а сталезалізобетонна естакадна частина – під навантаження НК-30 (на 8 смуг руху) і НК-80 та натовп на тротуарах (400 кг/м^2).

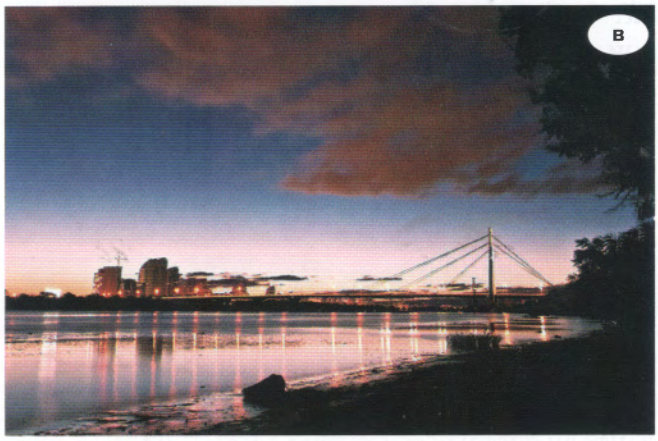
Судноплавна частина Північного моста перекрита двома нерозрізними прогоновими будовами, перша з яких розташована біля лівого берега і являє собою трипрогонову однопілонну вантову систему за схемою 84,51 + 300 + 63,65 = = 448,16 м, а друга – правобережна частина – балкову естакаду з одним прогоном завдовжки 63,65 м, трьома прогонами по 63 м кожен і одним прогоном завдовжки 42 м (рис. 1, г). У плані міст знаходиться на прямій, а у профілі – на сполученні опуклих вертикальних кривих із верхньою точкою у вантовому прогоні. Сталеву балку жорсткості у вантовому прогоні (завдовжки 300 м, яка, до речі, є найдовшою в колишньому СРСР) підтримують ванти зі сталевих канатів (по 20 – 40 шт у ванті), загальна довжина яких сягає 54,6 км.

Ванти підвішені до А-подібного пілона заввишки 125 м, а висота від проїзної частини до склепіння пілона дорівнює 53 м. У двох ногах пілона міститься по одній монтажній шахті з залізними драбинами у 8 прогонів кожна, які сходяться над склепінням пілона і утворюють внутрішнє допоміжне приміщення площею близько 10 м^2. Вгорі на пілоні розміщене скульптурне зображення герба м. Києва, з кожного боку від якого облаштовано по одному балкончику.

По Північному мосту в 1983 р. був відкритий рух тролейбусів від станції метро «Петрівка» на Воскресенку, а в 1984 р. – на Троєщину. До 2005 р. автомобільний транспорт рухався по мосту трьома смугами у кожному напрямку. Крім того на проїзній частині були облаштовані розподільна смуга завширшки 2,2 м, захисні смуги з боків проїзної частини по 0,5 м кожна і тротуари для пішоходів завширшки 2,85 м. У серпні 2005 року на мосту за рахунок ущільнення смуг була додана реверсивна смуга руху. Проте зазначена модернізація, на превеликий жаль, лише призвела до погіршення безпеки руху, внаслідок чого значно зросла кількість аварій на мосту, через що з 24 грудня 2007 року реверсивна смуга була замінена відбійником, а кількість смуг за рахунок зменшення їх ширини збільшена до чотирьох у кожному напрямку.







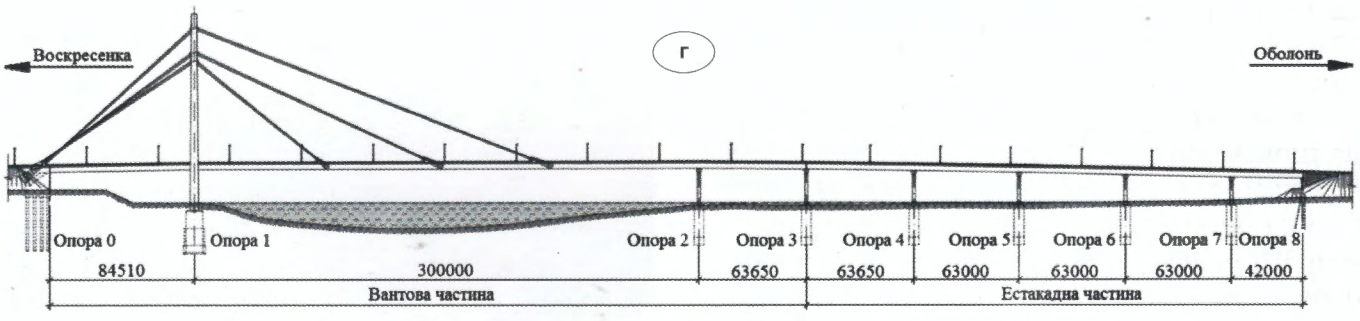


Рис. 1. Панорамний вигляд (а), загальні вигляди (б, в) і поздовжній переріз (г) Північного моста

Розглянемо основні конструктивні рішення Північного моста, які були використані при його проектуванні. Вантова прогонова будова, яка перекриває фарватерну частину р. Дніпро, – сталева з ортотропною плитою і асфальтобетонним покриттям проїзної частини. Сталева балка жорсткості, що жорстко защемлена на стояні та має поздовжньо-рухоме шарнірне обпирання на пілоні й проміжних опорах в поперечному перерізі, складається з двох коробок. В свою чергу, прогонова будова естакадної частини моста прийнята сталезалізобетонною, а її габаритні контури поперечного перерізу відповідають поперечнику вантової прогонової будови. А-подібний пілон моста, виконаний з монолітного залізобетону і розташований між прогонами завдовжки 84,51 м і 300 м, є жорстко об'єднаним із фундаментом. Ванти закріплені на пілоні в трьох ярусах по висоті й розташовані в двох площинах. Берегові гілки вантів заанкерені в стояні – противазі. А самі ванти сформовані з канатів, що складаються з паралельних дротів. По довжині моста наявні два деформаційні шви: на правобережному стояні й по стику вантової та естакадної прогонових будов.

Стояни моста запроектовані роздільного типу з перехідними прогонами задля пропуску комунікацій. Проміжні опори виконані зі збірно-монолітного залізобетону конструктивно стінової форми, посередині висоти яких влаштовані декоративні отвори діаметром 9 м. Фундаменти проміжних опор прийняті у вигляді опускних колодязів.

Характеризуючи технічний стан моста, одразу зазначимо, що за даними «Книги штучної споруди» за час експлуатації спеціалізовані обстеження проводились шість разів, а саме: у 1976, 1983, 1987, 1989, 1999 і 2008 роках.

У 2017 р. було виконано комплексне спеціальне обстеження Північного моста, результати якого свідчать, що його конструкції мають низку дефектів і недоліків, в основному корозійного походження, що знижує не тільки їх (конструкцій) несну здатність, а й довговічність і надійність споруди у цілому. Причому виникненню цих дефектів беззаперечно можливо було б запобігти достатньо простим способом – дотриманням міжремонтних термінів та проведенням регламентованих поточних ремонтів у попередні десятиліття.



Рис. 2. Застій води, що потрапляє крізь деформаційний шов на нижній пояс коробчастої балки та призводить до корозії металу

Метал перильної огорожі тротуарів знаходиться в незадовільному стані. В результаті обстеження виявлено наскрізну корозію поручнів в усіх прогонах моста, а тому бар'єрна огорожа загалом не відповідає вимогам чинних нормативних документів. Конструкції деформаційних швів також мають значні пошкодження, вони не герметичні (рис. 2), відслужили нормативний термін експлуатації (20 років) і потребують заміни на сучасні шви малошумної герметичної конструкції.

Відомо, що головною причиною виникнення та швидкого розвитку корозійних дефектів конструктивних елементів мостових споруд є вода (а, точніше, розчин агресивних протиожеледних соляних сумішей), яка потрапляє на них внаслідок існуючих недоліків та природного зношення елементів водовідведення й, в першу чергу, гідроізоляції. Сліди замокання і вилуговування бетону залізобетонних плит, в окремих місцях із слідами іржі, зафіксовано в усіх прогонових будовах естакадної частини Південного моста (рис. 3). А у вантових прогонових будовах



Рис. 3. Просочування води у сталезалізобетонних прогонових будовах

виявлено отвори в сталевих листах ортотропної плити із протіканням води крізь дорожнє покриття і пошкоджену гідроізоляцію, що призводить до корозійного пошкодження сталевих елементів головних коробчастих балок. Через це та з метою запобігання розвиненню корозійних процесів у майбутньому система водовідведення на мосту потребує повної перебудови з використанням сучасних технологічних та конструктивних рішень.

Як вже було зазначено, головною причиною виникнення дефектів конструкцій моста є практично повне руйнування системи водовідведення. Причому найгірше полягає в тому, що крім корозії бетону та арматури залізобетонних плит естакадних прогонів вода, що фільтрується крізь плиту прогонової будови, є основною причиною корозії металу всіх елементів балкової клітини: головних балок, прогонів, поперечних та поздовжніх в'язей. На жаль, пришвидшує цей негативний вплив ще й застосоване конструктивне рішення, згідно з яким площини поперечних в'язей перебувають саме під монолітними стиками плити, крізь які найбільш інтенсивно просочується вода. Що ж стосується загального корозійного ушкодження фасадних головних балок моста, то його можна оцінити в 4 % – 5 % за наявності локальних ділянок балок, на яких корозійне зношення металу (за загальною площею перерізу балки) дорівнює 11 % – 13 %. При цьому найбільше ушкодження природно має верхній пояс балок, де це зношення досягає вже 19 %. Тим не менш результати виконаних перевірних розрахунків із врахуванням корозійних пошкоджень засвідчили, що на момент обстеження загальна вантажопідйомність естакадної частини моста все ще відповідає (винятково завдяки якісному проектному рішенню!) проектним тимчасовим навантаженням Н-30 і НК-80.

Щодо корозійних дефектів на вантових прогонових будовах, то необхідно констатувати, що найбільші зони ураження металу мають головні балки сталевих вантових прогонових будов у місцях входу вантів і анкерування балки жорсткості на опорі № 0, поблизу відкритого кінця балки жорсткості неподалік опори № 3 та під поперечними балками ортотропної плити, де знаходяться отвори для пропуску кабелів для



Рис. 4. Корозія металу у вантових прогонах

опор освітлення (рис. 4). Зауважимо, що вказані отвори в гідроізоляції та в листі настилу ортотропної плити головних балок утворились і залишились після демонтажу опор освітлення в 2008 р.; вони розташовані поблизу поперечних балок як у верховій, так і у низовій коробках симетрично осі моста, тому вода безперешкодно через ці отвори потрапляє всередину коробок. З урахуванням наведеного одразу стає зрозумілим, що вода, яка потрапляє в коробку, зумовлює не тільки корозію листа ортотропної плити,

а й нижніх поясів і стінок поперечних балок, поперечних в'язей під балкою, листа настилу нижньої плити, поздовжніх нижніх ребер й нижньої поперечної балки.

Ванти в сталеві прогонові будови проходять через отвори у верхній ортотропній плиті балки жорсткості в зонах під тротуарами, які оснащені спеціальними металевими захисними кожухами з тонколистового металу зі застосуванням болтових з'єднань. Втім прилягання захисних кожухів до конструкції ортотропної плити головних балок є нещільним, через що вода вільно потрапляє у внутрішній простір головних балок, зумовлюючи таким чином корозію їх сталевих елементів. Зазначимо також, що корозія ортотропної плити виявлена навколо всіх отворів входу вантів, вузлів їх анкерування, а також на листах нижньої ребристої плити та поздовжніх нижніх ребрах. А захисне покриття упорів та деталей їх кріплення до стінок балок пошкоджене практично в усіх вузлах.

Щодо стану самих вантів слід зазначити, що через багаторічну відсутність належного догляду та регламентного фарбування захисна металострічка на них вже почала руйнуватися. Металеві конструкції вузлів анкерування вантів із низового та верхового боку моста та анкерних обойм канатів вантів мають дефекти у вигляді незначних пошкоджень фарбового покриття та поверхневої корозії в місцях його відшарування. В свою чергу, конструкціям обік входу вантів у камери анкерування притаманна низка дефектів, знову-таки спричинених незадовільним станом водовідведення. Показовим прикладом цих дефектів є замокання поверхні бетону нахиленої стінки, вода на яку просочується крізь зіпсовану гідроізоляцію тротуарних плит, що врешті-решт викликає засмічення, замокання та корозію трубчастих обойм. При цьому найбільші корозійні ураження обойм властиві верхній анкерній групі з боку проїзної частини – тут корозії зазнали не тільки трубчасті обойми анкерів, а й верхній шар металострічки канатів вантів на вході до камери анкерування (рис. 5).

В частині ж технічного стану опор Північного моста в першу чергу звернемо увагу на те, що у порівнянні з результатами двох попередніх обстежень, проведених у 1999 та 2008 роках,



Рис. 5. Корозія металу у трубчастих обоймах і пошкодження металострічки канатів вантів

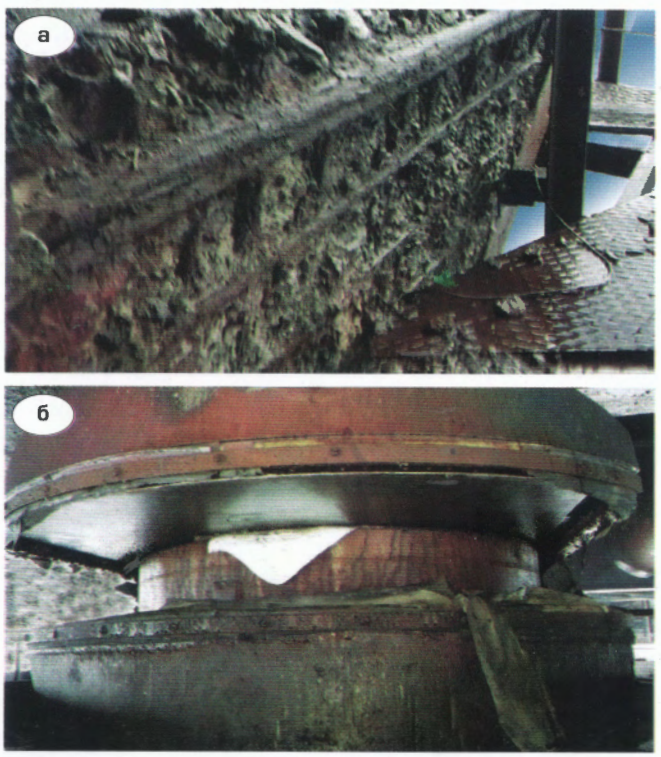


Рис. 6. Руйнування консольних чистин ригелів опор (а) і видавлювання фторопласту з опорних частин (б)

розвинення отримали лише дефекти корозійного походження, які мають місце на ригелях опор № 3 і № 8, а також на фасадних (консольних) частинах ригелів усіх опор. Втім згадані дефекти, практично майже як і усі інші, зумовлені непередбаченим проникненням агресивних розчинів на конструкції, – в даному випадку крізь деформаційні шви над опорами № 3 і № 8 та з тротуарів (рис. 6, а). На відміну від цього опорні частини балок внаслідок зношення їх конструктивних елементів знаходяться в непрацездатному стані та потребують невідкладної заміни, оскільки термін їх безперервної служби не просто минув, а майже у півтора раза перевищив тридцятирічний нормативний строк використання. Причому виявлені дефекти опорних частин, зокрема відшарування ковзних полірованих листів із неіржавіючої сталі та видавлювання фторопласту (рис. 6, б), небезпечні тим, що не тільки збільшують тертя, погіршуючи тим самим роботу самих опорних частин, а й ускладнюють роботу основних несних елементів моста через виникнення додаткових горизонтальних зусиль в опорах і в балках жорсткості.

Аналіз результатів обстеження конструкцій моста, а також результатів розрахунків вантажопідйомності, визначення остаточного ресурсу моста та експертної оцінки технічного стану споруди дозволив виконати оцінку та прогнозування технічного стану моста відповідно до вимог [1]. Результати цієї оцінки полягають у наступному: мостове полотно – стан 5 (непрацездатний); сталезалізобетонні прогонові будови естакадної частини моста – стан 4 (обмежено працездатний); сталеві вантові прогонові будови – стан 4 (обмежено працездатний); конструкції пілона – стан 3 (працездатний); ванти – стан 3 (працездатний); опори моста – стан 4 (обмежено працездатний); опорні частини – стан 5 (непрацездатний); оглядові пристрої – стан 5 (непрацездатний); підходи – стан 3 (працездатний). Тому за рейтингом основних конструктивних елементів міст знаходиться у стані 4 – обмежено працездатний. Експлуатаційний стан моста в цілому, за найнижчим із показників експлуатаційного стану основних конструкцій, теж кваліфіковано як 4 – обмежено працездатний. Додатково до цього за результатами розрахунків встановлено, що граничне навантаження на міст дорівнює 35 тс для автомобільного навантаження в колоні, а залишковий ресурс моста наразі оцінюється у три роки.

Відповідно до визначеного експлуатаційному стану моста стандартом [1] задля забезпечення його безаварійної експлуатації передбачено проведення обстежень за спеціальним графіком і виконання капітального ремонту за спеціально розробленим проектом, в якому необхідно врахувати рекомендації відомостей дефектів, передбачити відновлення конструкцій прогонових будов, ін'єктування тріщин, відновлення захисного покриття канатів вантів, заміну бар'єрної огорожі, заміну деформаційних швів та опорних частин. Проте ще до початку розроблення проектної документації на капітальний ремонт конче потрібно виконати роботи із заміни гідроізоляції проїзної частини і тротуарів, перильної огорожі тротуарів й водовідвідних лотків вантової частини моста, оскільки зволікання із цими роботами лише погіршить його технічний стан. Крім того, необхідно передбачити ваговий контроль руху негабаритних та великовагових транспортних засобів, що прямують Північним мостом.

[1] ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 45 с.

Надійшла 04.02.2019 р.

ТЕХНІЧНИЙ СТАН АВТОДОРОЖНЬОЇ ЧАСТИНИ ДАРНИЦЬКОГО ЗАЛІЗНИЧНО-АВТОМОБІЛЬНОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ



О.В. Шимановський
генеральний директор
ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського»,
член-кореспондент НАН України,
заслужений діяч науки і техніки
України, д.т.н., професор



Д.О. Котлубей
в.о. начальника
Комунального підприємства
по ремонту та утриманню мостів
і шляхів м. Києва «Київавтошляхміст»



В.В. Шалінський
завідувач відділу
мостів та спеціальних споруд
ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського», к.т.н.,
старший науковий співробітник

Дарницький залізнично-автомобільний мостовий перехід через р. Дніпро запроектовано ВАТ «Трансміст» у 2004–2007 роках на замовлення ДТГО «Південно-західна залізниця» й побудовано у 2004–2011 роках ТОВ «БМК Планета-Міст» і АТ «Мостобуд» із метою покращення транспортного сполучення у м. Києві. Його зведення було зумовлено не лише зростанням обсягів залізничних перевезень на Київському залізничному вузлі, а й надмірною завантаженістю існуючих автомобільних мостів міста. Оскільки міст було прийнято в постійну експлуатацію у 2011 р., то наразі він є найновішим діючим мостом через р. Дніпро в м. Києві. Міст сполучає правобережну частину м. Києва з розташованими на лівому березі р. Дніпро Дарницьким і Дніпровським районами та однойменними житловими масивами. Дарницький залізнично-автомобільний мостовий перехід через Дніпро в м. Києві містить дві складові: залізничну, до якої входить дві колії з проектною потужністю у 182 пари поїздів на добу, й автомобільну, яка складається із шести смуг автомобільного руху (по три у кожному напрямку) з пропускною спроможністю 35 тис. автомобілів на добу.

До складу Дарницького переходу входить суміщений залізнично-автомобільний міст (рис. 1) та транспортні розв'язки на обох берегах р. Дніпро. Загальна довжина моста 1061,6 м (рис. 2), залізничних колій – 32,71 км й автомобільних підходів – 15,08 км. Під час його будівництва споруджено 106 мостових опор, змонтовано 13,6 тис. тонн металоконструкцій та покладено 31,2 тис. м^2 асфальтового покриття.

За чинною класифікацією міських вулиць та доріг автодорожня частина Дарницького мостового переходу, яка має два автопроїзди, відноситься до категорії магістральних доріг регульованого руху по три смуги в кожному автопроїзді з шириною смуг 3,75 м. Автопроїзди знаходяться по обидва боки від залізничного двоколійного проїзду. Ширина автопроїздів 13,25 м, а розміщених із зовнішніх сторін автопроїздів службових проходів – 0,75 м (рис. 3, 4).

Конструкція автодорожньої частини моста. Автодорожні прогони руслової частини моста виконані за схемою 56,5 + 3×111,6 + 56,7 м у вигляді металевих нерозрізних п'ятипрогонових балок. Прогонова будова у перерізі складається з двох металевих коробок постійної висоти, об'єднаних між собою металевою ортотропною плитою. Висота коробок 3,24 м. По заплавній частині прогони виконані за схемами: 55,0 + 55,8 + 2×56,1 + 55,4 м та 55,4 + 4×56,1 + 55,4 м і мають конструкцію, аналогічну русловим. Матеріал конструкцій прогонової будови – сталевий прокат для несних елементів мостів із сталі марки 10ХСНД-2 та 15ХСНД-2 за ГОСТ 6713-91, а опорні частини та деформаційні шви прийняті німецької фірми «MAURER». Антикорозійна обробка конструкцій прогонової будови здійснена матеріалами фірми «JOTUN» (Великобританія). Монтажні з'єднання металоконструкцій виконані зварними та на високоміцних фрикційних болтах діаметром 22 мм, для герметизації яких застосовано силіконовий герметик «Sikaflex».

 © Шимановський О.В., Котлубей Д.О., Шалінський В.В.



Рис. 1. Загальний вигляд Дарницького залізнично-автомобільного моста через р. Дніпро у м. Києві:
а – вдень; **б** – вночі

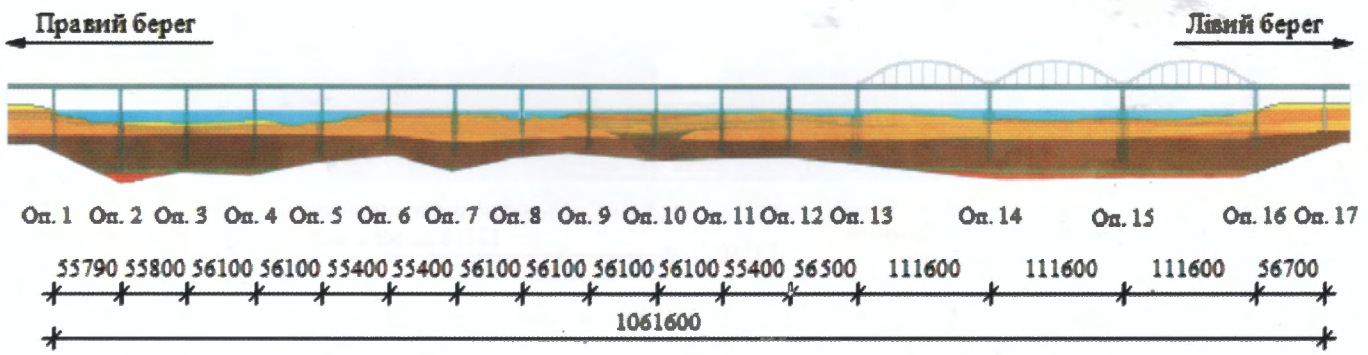


Рис. 2. Фасад Дарницького залізнично-автомобільного моста

Що ж стосується конструктивного рішення автодорожньої частини моста, то вона складається з ортотропної плити, поперечних зварних балок двотаврового перерізу однакової висоти між головними балками та змінної висоти ззовні та головних балок коробчастого перерізу (рис. 4). Крок поперечних балок, які кріпляться до головних балок за допомогою накладок на високоміцних болтах в одному рівні, становить 3,1 м. Також на мосту по обидва боки автопроїзду передбачені металеві опори контактної мережі з кроком ≈ 21,7 м.

Бар'єрна огорожа «Bridge guardrail H4B» прийнята німецької фірми «SGGT» із кроком стійок 1,1 м заввишки 1,14 м (біля службового проходу) та 1,54 м (з боку залізничного проїзду) і виконана з оцинкованої сталі. Стійки огорожі кріпляться до прогонової будови болтами М20. Марка сталі елементів бар'єрної огорожі Ст3пс5 та Ст3сп5 за ГОСТ 14637-89.

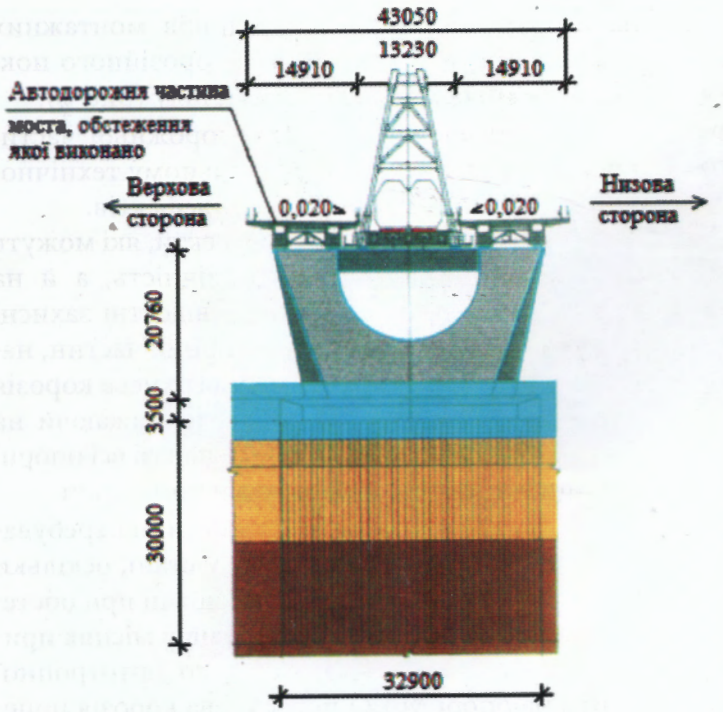


Рис. 3. Поперечний переріз Дарницького залізнично-автомобільного моста

Перильна огорожа заввишки 1,1 м розташована зі сторони службового проходу. Крок стоянів перерізом 80×60×7 мм складає 1,5 м, поручень має розміри 100×70×5 мм, нижня і верхня тятива – 50×30×3 мм, а заповнення – 20×20×3 мм (крок 150 мм). Всі стики виконані зварними, а над деформаційними швами прогонових будов передбачені температурні шви перильної огорожі. Матеріал конструкцій – сталь вуглецева марки Ст5пс за ГОСТ 14637-89. Фарбування виконане матеріалом «Hardtop XP».

Покриття автопроїзду та службового проходу – двошарове з гусасфальту завтовшки 80 мм (два шари по 40 мм кожен). Захисний зчеплювальний шар – гідроізоляційне покриття на основі метилметакрилатних смол «Eliminator» (всього чотири шари) завтовшки 3,2 мм. Щодо влаштування водовідведення зазначимо, що з проїзної частини воно відбувається за рахунок поперечного ухилу в бік залізниці до системи дренажних трубок (див. рис. 4).

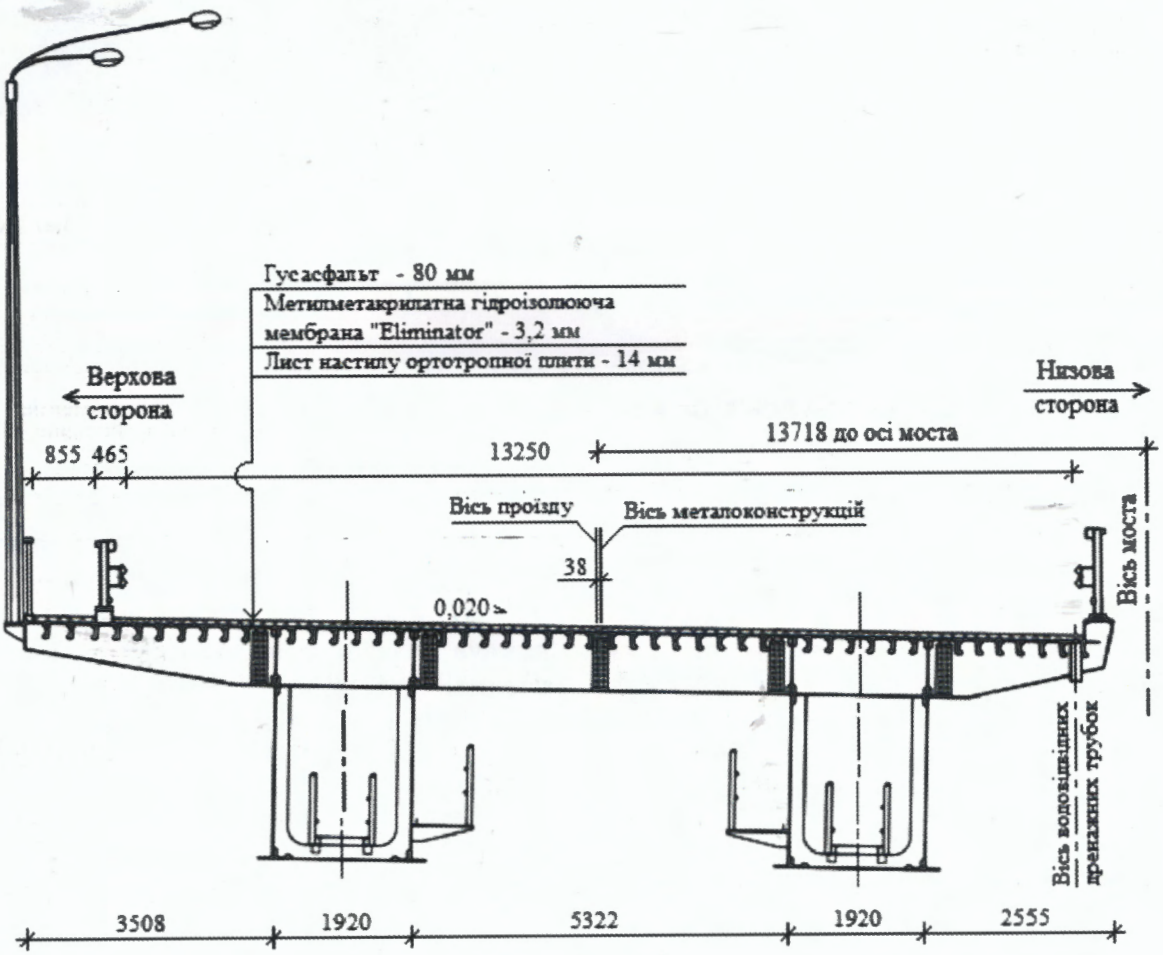


Рис. 4. Поперечний переріз автодорожньої частини Дарницького залізнично-автомобільного моста з верхової сторони

Результати обстеження конструкцій моста. У 2018 р. відповідно до вимог [1] було проведено планове комплексне спеціальне обстеження верхової частини автодорожньої частини Дарницького залізнично-автомобільного мостового переходу. За результатами обстеження конструктивних елементів встановлено наступне.

Прогонові будови. Головні балки прогонових будов у цілому знаходяться в задовільному стані. А основним дефектом, виявленим під час обстеження, є незначна корозія нижнього поясу головної балки (верхова сторона) в районі опор № 16, 15, 6 (рис. 5).

На відміну від головних балок *горизонтальні* та *вертикальні в'язі* мають суттєві недоліки, які полягають, по-перше, у відсутності елементів горизонтальних в'язей по нижніх поясах прогонової будови на всіх опорах, що кваліфікується як основний дефект (рис. 6), і, по-друге, у наявності на опорах № 17, 12, 6, 1 на вертикальних в'язях залишків монтажних елементів, зруйнованого антикорозійного покриття та поверхневої корозії металу (рис. 7).

Ортотропна плита автодорожньої частини моста знаходиться у нормальному технічному стані та не містить суттєвих дефектів.

Опорні частини мають дефекти, які можуть впливати не тільки на довговічність, а й на надійність конструкції, а саме: відсутні захисні кожухи (кришки) окремих опорних частин, наявні тріщини в набетонці та поверхнева корозія опорних плит (рис. 8). Проте, незважаючи на вказане, було констатовано, що наразі всі опорні частини перебувають у задовільному стані.

Поперечні балки проїзної частини перебувають у прийнятному технічному стані, оскільки незначними дефектами, виявленими при обстеженні, є відсутність зварних швів у місцях приварювання поперечних балок до ортотропної плити на опорі № 12 і поверхнева корозія попе-



Рис. 5. Корозія нижнього поясу балки



Рис. 7. Залишки монтажних елементів, антикорозійне покриття зруйноване, поверхнева корозія металу

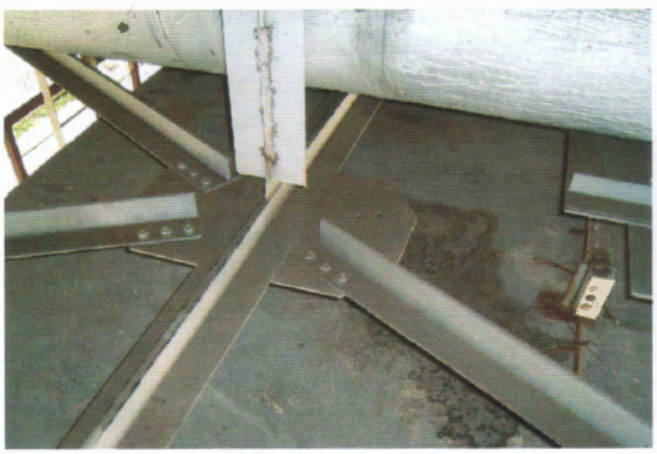


Рис. 6. Відсутній (демонтований) елемент горизонтальних в'язей по нижніх поясах прогонової будови

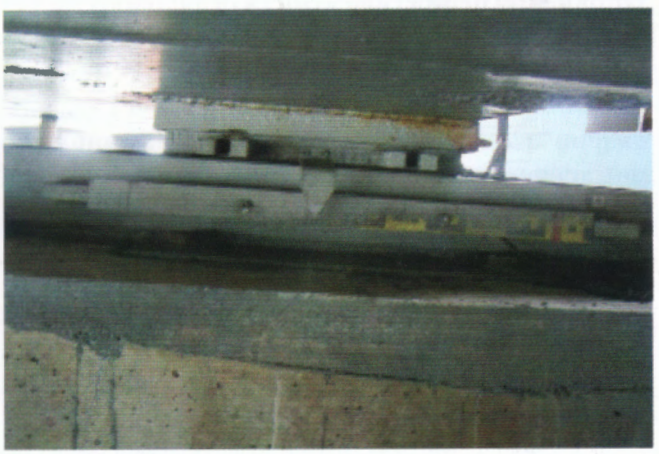


Рис. 8. Поверхнева корозія опорних плит опорної частини



Рис. 9. Поверхнева корозія поперечних балок внаслідок термічного впливу зварювання



Рис. 11. Нез'єднані елементи бар'єрної огорожі



Рис. 10. Відсутні ділянки оглядових ходів



Рис. 12. Відсутнє заповнення перил у місці розташування деформаційного шва

речних балок внаслідок термічного впливу зварювання при влаштуванні деформаційних швів на опорах № 17, 12, 6, 1 (рис. 9).

А серед дефектів, виявлених при обстеженні оглядових ходів, можна виділити відсутність деяких ділянок оглядових ходів (рис. 10), деформування та перерізання окремих елементів заповнення перил і відсутність оглядового містка на опорі № 13.

Мостове полотно та експлуатаційні облаштування. Стан дорожнього покриття загалом визначено як задовільний, але тим не менш воно має місцеві пошкодження та дефекти у вигляді тріщин. А в *деформаційних швах* виявлені наступні недоліки: необрізана ущільнювальна гума та незначна корозія елементів деформаційного шва. Щодо стану бар'єрної огорожі, то загалом вона є цілком прийнятною, проте містить окремі дефекти, а саме: нез'єднані, деформовані або відсутні окремі елементи (рис. 11).

Дефекти перильної огорожі полягають у незначному руйнуванні антикорозійного покриття елементів перил; відсутності заповнення перил у місці розташування деформаційного шва (рис. 12) і окремих об'єднувальних елементів заповнення перил.

Ліхтарні щогли мають низку незначних дефектів, які стосуються їхніх заглушок: відсутні болти кріплення, незакріплені чи взагалі відсутні деякі заглушки, крім того, має місце руйнування антикорозійного покриття.

Службовий прохід перебуває у прийнятному стані, але має один дефект – значну засміченість по всій його довжині.

Знаки навігації на мосту відсутні.

Аналіз результатів обстеження та необхідні заходи щодо подальшої експлуатації моста. За результатами проведеного обстеження елементів мостового полотна автодорожньої частини Дарницького залізнично-автомобільного мостового переходу встановлено, що основним чинником виявлених дефектів є несвоєчасне виконання поточних ремонтних робіт.

Проте, в цілому, експлуатаційний стан мостового полотна класифікується як обмежено справний (стан 2), а задля його поліпшення рекомендується провести наступні ремонтні роботи: відновити антикорозійне покриття перильної огорожі, попередньо усунувши сліди існуючої корозії й завариви накладками дірки в нижньому елементі перил; поновити фрагмент перил на опорі № 12; встановити відсутні заглушки ліхтарних щогл і болти у місцях кріплення заглушок; відрихтувати пошкоджені елементи бар'єрної огорожі; встановити відсутні болти кріплення й елемент огорожі на опорі № 6; очистити від бруду та заповнити бітумною мастикою тріщини в дорожньому покритті; прибрати пісок і сміття зі службового проходу по всій довжині моста.

Аналіз результатів проведеного обстеження металоконструкцій прогонової будови та опорних частин засвідчив, що виявлені основні дефекти конструкцій моста – це наслідки незадовільного монтажу конструкцій моста та експлуатаційного утримання споруди. За результатами обстеження експлуатаційний стан металоконструкцій прогонової будови та опорних частин класифіковано як обмежено справний (стан 2). Однак, з метою покращення технічного стану та подовження строку служби металоконструкцій прогонової будови та опорних частин необхідно виконати низку ремонтних робіт, у т.ч: відновити в окремих місцях антикорозійне покриття нижнього поясу головної балки та зварні шви в місцях приварювання поперечної балки до ортотропної плити; поновити антикорозійний захист поперечної балки після термічного впливу зварювання при влаштуванні деформаційного шва; встановити відсутні елементи горизонтальних в'язей по нижніх поясах прогонової будови; вилучити на вертикальних в'язях залишки монтажних елементів на зварці та відновити антикорозійне покриття; відновити відсутні елементи конструкцій: захисні кожухи опорних частини, оглядові проходи, окремі деталі заповнення перил і встановити знаки навігації.

Результати розрахунків вантажопідйомності моста стосовно рухомого навантаження Н-40 вказують на те, що максимальна допустима вага автомобіля у колоні становить 19 т, що не відповідає вимогам чинних норм [2]. З огляду на це на мосту потрібно встановити знаки, що обмежують в'їзд на нього важковагового транспорту, а для окремих транспортних засобів додатково передбачити проведення постійного контролю тиску на одиночну вісь (не має перевищувати 10 т) і максимальної ваги одиничних транспортних засобів (не має перевищувати 19 т). Крім того, задля збільшення вантажопідйомності моста до 40 т, необхідно підсилити опорні перерізи прогонової будови на опорах № 14 та 15.

За результатами обстеження та виконаними розрахунками відповідно до вимог [3] основні елементи моста віднесено до наступних експлуатаційних станів: мостове полотно – стан 2 (обмежено справний); прогонова будова – стан 3 (працездатний); опорні частини – стан 2 (обмежено справний). За рейтингом основних конструктивних елементів зазначимо, що автодорожня частина Дарницького залізнично-автомобільного мостового переходу знаходиться у стані 3 (працездатний).

Висновки. Виходячи з вище викладеного, можна дійти наступних висновків:

- наразі автодорожня частина Дарницького залізнично-автомобільного мостового переходу через р. Дніпро перебуває у задовільному технічному стані та має відносно незначні дефекти. Проте виявлені недоліки необхідно усунути найближчим часом. Інакше, в перспективі це призведе до суттєвого погіршення технічного стану конструкцій моста та більших фінансових витрат на виправлення ситуації;
- задля приведення несної здатності прогонових будов автодорожньої частини моста до показників, передбачених чинними нормами, необхідно виконати підсилення опорних ділянок прогонової будови (опори № 14 та 15).

[1] ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2009. – 44 с.

[2] ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Навантаження і впливи. Мости та труби. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2009. – 66 с.

[3] ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 45 с.

Надійшла 03.04.2019 р.

ПІВДЕННИЙ МІСТ ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ. НИНІШНІЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ



О.В. Шимановський
генеральний директор
ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського»,
член-кореспондент НАН України,
заслужений діяч науки і техніки
України, д.т.н., професор



П.М. Сташук
директор
ТОВ «НВП Мостовий центр»,
к.т.н., м. Київ

Південний міст через р. Дніпро в м. Києві запроектовано Київською філією Державного інституту з проектування і вишукування автомобільних доріг «Союздорпроект» під керівництвом головного інженера проекту Г.Б. Фукса і призначено для автомобільного та пішохідного руху, а також проїзду поїздів метрополітену (рис. 1). Будівництво моста було розпочато в 1983 р. й завершено в 1990 році. У цьому ж році міст було прийнято в постійну експлуатацію. У 1992 р. після спеціального обстеження по мосту було відкрито рух поїздів метрополітену.

Як вбачається з наведеного рисунка, прогони Південного моста, загальна довжина якого становить 1256 м, перекриті однопілонною вантовою сталевою прогоновою будовою з вантовим прогоном завдовжки 439,0 м, двопрогоновою залізобетонною коробчастою будовою (анкерна частина вантового прогону) завдовжки 119,5 м та дев'ятипрогоновою залізобетонною коробчастою спорудою завдовжки 661,5 м. Сталеві вантові прогонові будови та залізобетонні вантові анкерні прогони примикають до пілона.







Рис. 1. Панорамний і загальні вигляди Південного моста

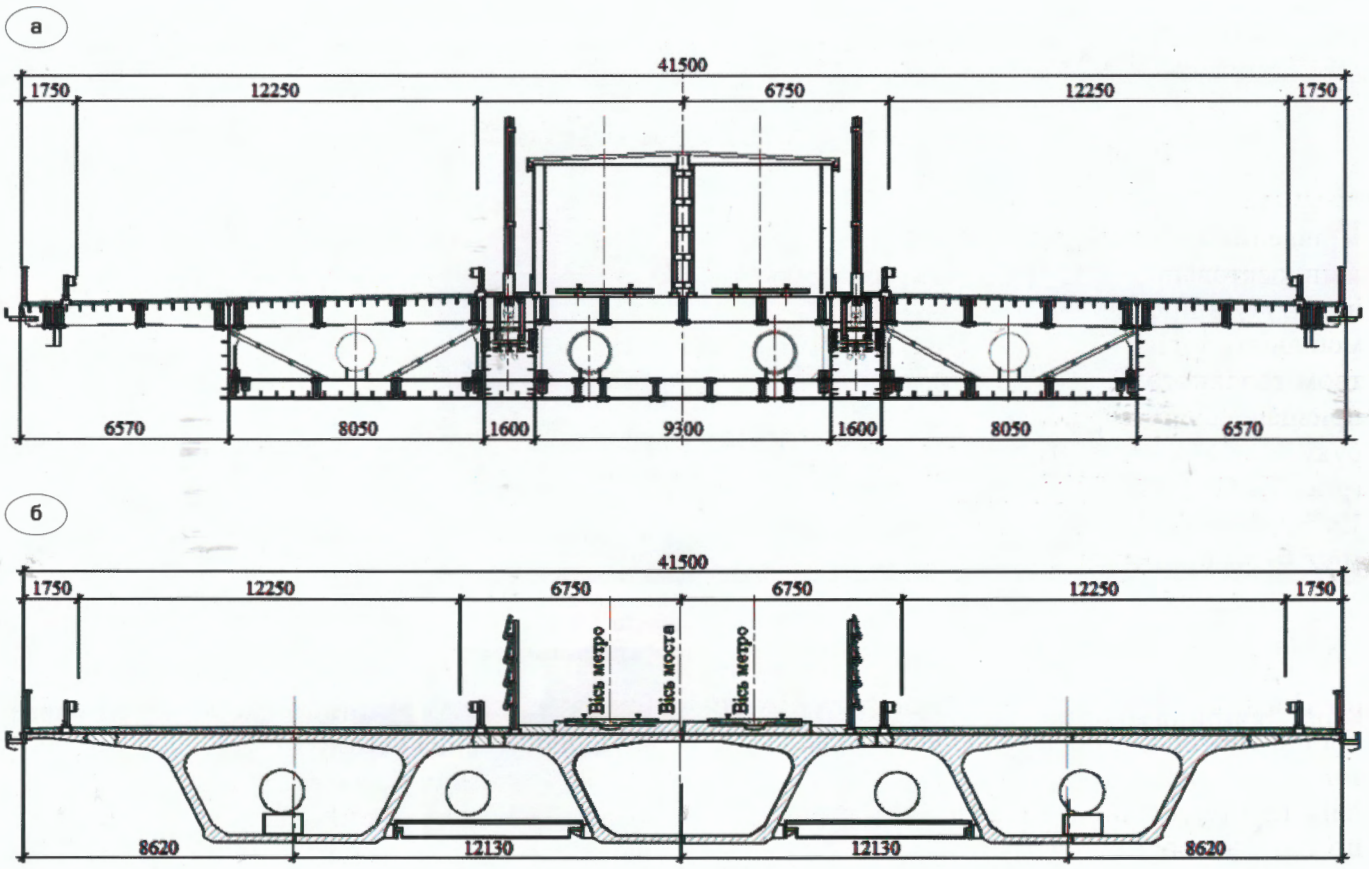


Рис. 2. Поперечний переріз балки жорсткості Південного моста:
а – на сталевих прогонах; **б** – на залізобетонних прогонах

Сталева балка жорсткості Південного моста складається із двох тристінчастих коробчастих балок, що симетрично розташовані відносно поздовжньої осі моста (рис. 2, а), по яких влаштовано автопроїзди для шести колон автотранспорту по три з кожного боку. Загальна ширина балки жорсткості дорівнює 41,6 м. Коробчасті балки об'єднані сталевою ортотропною плитою, на якій розташовано дві колії метрополітену. Всередині великих коробок балок розміщені трубопроводи – по одному в кожній коробці, а всередині малих коробок балок влаштовано анкерні кріплення вантів.

Що ж стосується залізобетонних прогонів Південного моста, то вони в поперечному перерізі складаються з трьох коробчастих балок із попередньо-напруженим армуванням (рис. 2, б). Коробчасті балки об'єднані між собою по верхніх плитах. Над середньою балкою розміщено дві колії метрополітену, а над крайніми – автопроїзди та пішохідні тротуари.

Пілон моста виконано з монолітного залізобетону, а його ноги розташовані в зонах між автопроїздами та метропроїздом. Вершина пілона знаходиться на висоті 110 м від рівня проїзду. В рівні проїздів поперечний переріз ніг пілона становить 2×5 м, причому задля зменшення їх гнучкості поперек моста горизонтальні розпірки утворюють раму.

Вантова система Південного моста прийнята двоплощинною, кожна з яких знаходиться в зоні між автопроїздами і метропроїздом. Ванти, що йдуть у бік головного прогону, мають горизонтальну орієнтацію канатів, а в бік залізобетонної частини – вертикальну. Ванти моста сформовані з пари витих закритих канатів діаметром 62 мм кожен, об'єднаних між собою стяжними пристроями й гасниками коливань.

Міст був запроектований за чинними на той час технічними умовами [1] з урахуванням перспектив розвитку транспортної інфраструктури на вертикальні рухомі навантаження від колони автомобілів за схемою Н-30 та одиничного навантаження від автомобіля за схемою НК-80 із орієнтовною інтенсивністю руху в межах 20 тис. авт. на добу, а також на навантаження

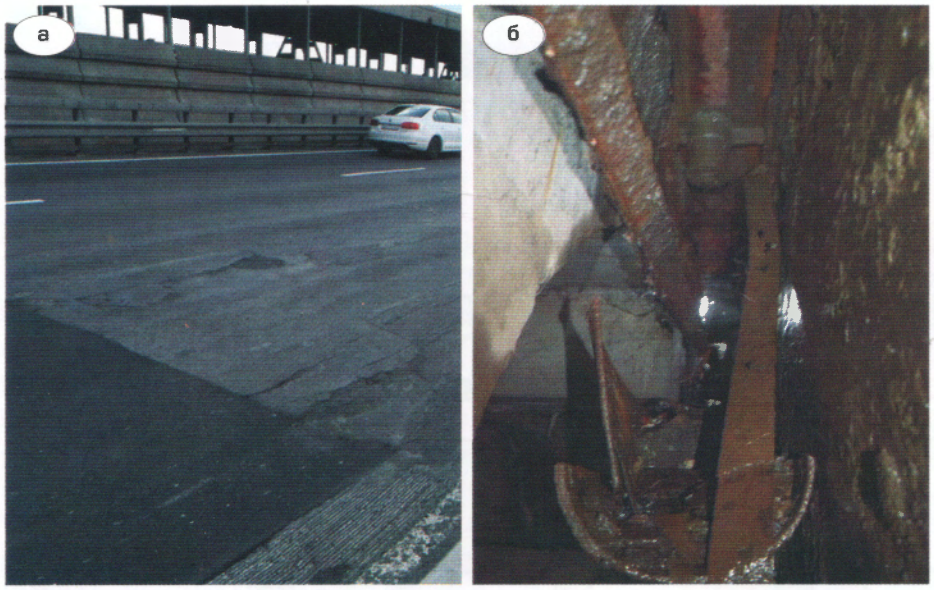


Рис. 3. Дефекти мостового полотна Південного моста:
а – руйнування асфальтобетонного покриття; **б** – водовідвідні лотки, що вийшли з ладу

від п'ятивагонних поїздів метрополітену. Втім, попри прийняту до уваги під час проектування перспективу, останнім часом інтенсивність руху по Південному мостовому переходу значно перевищила проектні значення (через збільшення кількості автотранспортних засобів та значне зростання обсягів транзитних перевезень) і становить у середньому біля 80,0–85,0 тис. авт. на добу, а в години «пік» ця інтенсивність може навіть сягати значення 100,0–110,0 тис. авт. на добу. Зрозуміло, що таке переобтяження пропускної здатності моста наразі призвело до абсолютно очікуваних наслідків, які полягають не тільки у різкому зменшенні реальної швидкості руху автотранспорту по мосту до 5–10 км/год, а й у непередбаченому виникненні багатокілометрових заторів при найнезначнішому порушенні рівномірності руху, не кажучи вже про аварії чи поломки автомобілів.

Останнім часом було виконано комплексне спеціальне обстеження Південного мостового переходу, узагальнюючі результати якого свідчать, що його конструкції мають низку дефектів і недоліків, що знижують не тільки їх несну здатність, а й довговічність і надійність споруди у цілому. До речі, виникнення більшості з цих дефектів пов'язане не тільки з постійним зростанням інтенсивності руху автотранспорту та його вантажопідйомності, недотриманням термінів міжремонтних періодів та проведення регламентованих робіт із утримання в попередні десятиліття, а й з відсутністю досвіду проектування такого типу споруд у 70-х роках XX століття. Виявлені дефекти негативно впливають на довговічність конструкцій, знижують безпеку та комфортність руху по мосту, а в окремих випадках зменшують його несну здатність.

Необхідно зазначити, що систематичні руйнування асфальтобетонного покриття проїзної частини на сталевих прогонових будовах (рис. 3, а) і кілометрові затори під час виконання ремонтних робіт із ліквідації цих дефектів добре відомі всім, хто користується Південним мостом. Причому зони руйнування покриття (незважаючи на те, що всьому мосту властиві несприятливі для асфальтобетону динамічні характеристики) переважно виникають саме на тих ділянках проїзної частини моста, на яких застосовано гнучкий сталевий лист настилу завтовшки 12 мм. Через це, а також беручи до уваги результати аналізу роботи конструкцій моста, можна стверджувати, що уникнути постійних руйнувань покриття практично неможливо без підсилення (шляхом збільшення товщини) верхнього листа настилу сталевих балок. У цьому сенсі також наголосимо, що руйнування покриття – це проблема конструкції моста.

Ще однією нагальною проблемою моста, що перешкоджає проїзду автомобільного транспорту, є незадовільний стан конструктивних елементів деформаційних швів. З цього приводу відзначимо, що на сталевих прогонах деформаційні шви старої конструкції було замінено на сучасні, проте на залізобетонних прогонах цього своєчасно не було зроблено. В результаті дефекти конструкцій швів у вигляді нещільного прилягання ковзних листів, по-перше, змушують водіїв зменшувати швидкість, а по-друге, порушують їх герметичність. Вода з проїзної частини вільно потрапляє на конструкції прогонів та опор, викликаючи їх руйнування. Значно ускладнює реальну ситуацію ще й те, що водовідвідні лотки давно вийшли з ладу (рис. 3, б).



Рис. 4. Руйнування бетону в місцях влаштування деформаційних швів

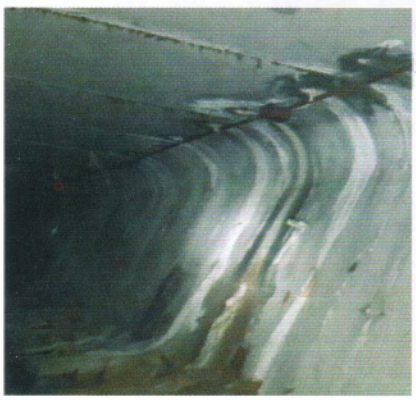


Рис. 5. Просочування води у залізобетонних прогонових будовах



Рис. 6. Стан заанкерених канатів вантів для відтягування пілона

Крім того, при обстеженні конструкцій прогонових будов моста була виявлена низка інших дефектів, які свідчать про поганий стан гідроізоляції в залізобетонних прогонових будовах практично по всій їх протяжності. Наслідками цих дефектів є сліди замокання й вилуговування бетону (корозія і втрата міцності) в окремих місцях у внутрішніх відсіках коробчастих балок, на консолях та монолітних ділянках плит між зовнішніми та внутрішньою коробками і в місцях влаштування деформаційних швів (рис. 4). До того ж в окремих місцях у коробках вода, що просочується зверху крізь покриття та залізобетон, утворює калюжі на нижній поверхні коробок (рис. 5). А висоли і сталактити подекуди мають бурий відтінок, що є свідченням не тільки корозії безпосередньо бетону, а й арматури. На превеликий жаль, гідроізоляцію на залізобетонних прогонах за 29 років експлуатації моста жодного разу не замінювали, отже термін її безперервної експлуатації не просто давно сплинув, а значно – більш ніж у чотири рази – перевищив розрахований

З огляду на вказане є цілком зрозумілим, що без повної заміни старих швів на шви нової конструкції уникнути подальшого розвитку дефектів опор та торців прогонів є практично неможливим.



Рис. 7. Руйнування і обриви дротин канатів вантів

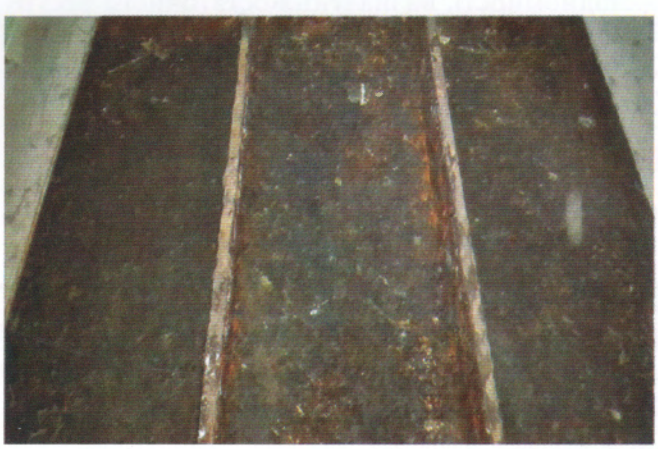


Рис. 8. Корозія металу в сталевих прогонових будовах

у проекті нормативний строк використання. У цьому сенсі варто також підкреслити, що без перевлаштування гідроізоляції вода з агресивними протиожеледними солями сумішами і надалі буде безперешкодно потрапляти до залізобетонних конструкцій, викликаючи та пришвидшуючи їхнє руйнування.

Розглядаючи канати вантової системи, одразу зазначимо, що їхній стан у зоні заанкерення є незадовільним, оскільки поверхня зовнішнього шару дротин частини канатів має корозію (рис. 6). В сталевих прогонових будовах ванти проходять крізь вікна, що розташовані у верхній плиті. А самі місця входу канатів закриті металевими кожухами, герметизація яких виконана за допомогою встановлених дерев'яних вкладишів, поверх яких нанесено герметик. Наразі стан цієї герметизації теж незадовільний, тому в багатьох місцях герметик пропускає воду, що, в свою чергу, призводить до виникнення на нижній грані дерев'яних вкладишів для фіксації положення вантів на канатах іржі та слідів просочування води. Ба більше, в окремих вантах натепер вже відбулось значне корозійне руйнування й обриви Z-подібних дротин зовнішнього шару канатів вантів (рис. 7).

Щодо фарбового покриття металевих конструкцій моста вкажемо на те, що стан як зовнішнього, так і внутрішнього фарбового покриття металоконструкцій є незадовільним, адже міст не фарбували з моменту його відкриття у 1990 р., через що метал сталевих вантових прогонових будов кородує (рис. 8). Крім того, слід зазначити, що на даний час дістатись до конструкцій моста неможливо: на усіх входах встановлені грати та замки.

Аналіз результатів обстеження конструкцій моста, а також результатів розрахунків вантажопідйомності, визначення остаточного ресурсу моста та експертної оцінки технічного стану споруди дозволив виконати оцінку та прогнозування технічного стану моста відповідно до вимог [2]. Результати цієї оцінки полягають у наступному: мостове полотно автопроїздів – стан 4 (обмежено працездатний); залізобетонні прогонові будови автопроїздів – стан 4 (обмежено працездатний); сталеві вантові прогонові будови автопроїздів – стан 3 (працездатний); конструкції пілона вище рівня проїзної частини – стан 3 (працездатний); ванти – стан 4 (обмежено працездатний); руслові опори – стан 3 (працездатний); опора № 0 – стан 4 (обмежено працездатний); опора № 14 – стан 3 (працездатний); опори № 4 і № 5 мають розмиви ґрунту під всією площею ростверку завглибшки до 4,0 м і 4,7 м відповідно; підхід на лівому березі р. Дніпро – стан 3 (працездатний). Тому за рейтингом основних конструктивних елементів міст перебуває у стані 4 – обмежено працездатний. Експлуатаційний стан моста в цілому, за найнижчим із показників експлуатаційного стану основних конструкцій, теж кваліфіковано як 4 – обмежено працездатний. Додатково до цього за результатами розрахунків встановлено, що граничне навантаження на міст дорівнює 35 тс для автомобільного навантаження в колоні, а залишковий ресурс моста оцінюється в 7 років.

Згідно з визначенням експлуатаційного стану моста стандартом [2] задля забезпечення його безаварійної експлуатації передбачено проведення обстежень за спеціальним графіком і виконання капітального ремонту за спеціально розробленим проектом, в якому необхідно врахувати не тільки рекомендації відомостей дефектів, передбачити ін'єктування тріщин, ремонт вантів та підсилення конструкції прогонів 9–11, а і виконати підсилення металевої плити мостового полотна, враховуючи сучасну інтенсивність руху транспорту, яка сьогодні перевищує проектну більше ніж у п'ять разів. Окрім того, необхідно передбачити, по-перше, ваговий контроль руху негабаритних та великовагових вантажів, що прямують Південним мостовим переходом, і по-друге, обмеження швидкості їх руху.

Після невідкладного вжиття всіх зазначених заходів залишковий ресурс моста може бути збільшений і, навпаки, у разі зволікання з ними в найближчі роки можна неминуче отримати подальшу деградацію конструкцій, в результаті якої міст перейде до непрацездатного експлуатаційного стану, що унеможливить його безпечну експлуатацію.

[1] СН 200-62. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. – М.: Государственный комитет совета министров СССР по делам строительства, 1962. – 328 с.

[2] ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 45 с.

Надійшла 21.01.2019 р.

ПАРКОВИЙ ПІШОХІДНИЙ МІСТ ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ. ТЕХНІЧНИЙ СТАН



О.В. Шимановський
генеральний директор
ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського»,
член-кореспондент НАН України,
заслужений діяч науки і техніки
України, д.т.н., професор



Д.О. Котлубей
в.о. начальника
Комунального підприємства
по ремонту та утриманню мостів
і шляхів м. Києва «Київавтошляхміст»



П.М. Сташук
директор
ТОВ «НВП Мостовий центр»,
к.т.н., м. Київ

Парковий пішохідний міст через р. Дніпро в м. Києві запроектовано ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» (на той час Проектна контора «Проектстальконструкція») за участю Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України і введено в експлуатацію в 1957 р. (рис. 1, а, б). Міст з'єднує центральну частину м. Києва з парковою зоною та піщаними пляжами Труханового острова. За конструкцією міст є суцільнозварним і змонтованим із використанням сучасних технологій автоматичного зварювання. Загальна довжина моста 426,4 м, а ширина пішохідної частини – 7 м. Міст складається з трьох центральних прогонів висячої будови й берегових ділянок балкової конструктивної системи (рис. 1, в). Його центральні прогони влаштовані за схемою 60 + 180 + 60 = 300 м й підняті над урізом ріки на 26 м, що цілком забезпечує вільний прохід суден при найвищих рівнях води. Гіперболічні за абрисом та жорсткі за конструкцією несні ланцюги (зварені з металевих листів) закріплені на двох пілонах рамної форми заввишки 32 м, а вертикальні підвіски, які розташовані із кроком 10 м, виготовлені зі сталевих кутників. Дорожнє полотно зі залізобетонних плит спирається на дві двотаврові зварні балки заввишки 2,4 м кожна. А берегові частини моста вирішені у вигляді балкових сталезалізобетонних прогонових будов: на лівобережній ділянці – три прогони по 36 м кожен, а на правобережній – один прогін завдовжки 17,9 м. Опори моста запроектовані рамної конструкції залізобетонними, а їх фундаменти – у вигляді залізобетонних забивних паль поперечним перерізом 35×35 см завдовжки від 9 м до 13 м. У проекті тимчасове вертикальне навантаження було прийнято згідно з чинними на той час технічними умовами на проектування мостів на міських вулицях МКГ РЕФСР 1948 р., а саме: натовп інтенсивністю 400 кг/м^2 і окреме нормативне навантаження від поодиноких вантажівок Н-6.

У 2017 р., тобто на 60-ту річницю з часу відкриття, Парковий міст було частково реконструйовано: викладено покриття пішохідної частини правобережних та лівобережних підходів із фігурних елементів мощення; встановлено нові чавунні секції перильної огорожі; нанесено антикорозійне покриття на перильну огорожу, стовпи освітлення, підвіски та несні ланцюги; розміщено спеціальні перепони на підходах до моста та з боку проїзду від сходів Магдебурзького права, які втім не заважають пересуванню перехожих, але блокують рух автомобілів; обладнано підземні контейнери для збирання твердих відходів; нанесено на поверхню пішохідної частини сучасне полімерне покриття з шаром базальтового щебеню. До того ж на мосту з метою підвищення безпеки руху пішоходів була змінена організація пішохідних і велосипедних потоків – посередині було влаштовано велосипедну доріжку червоного кольору завширшки три метри.

Що ж стосується більш детального характеризування конструктивного рішення Паркового пішохідного моста вкажемо на те, що його суднохідна частина перекрита трипрогоновою висячою будовою, пілони якої виконані зварними коробчастого поперечного перерізу, а балка жорсткості влаштована з двох двотаврових зварних балок заввишки 2,4 м кожна, залізобе-

© Шимановський О.В., Котлубей Д.О., Сташук П.М.

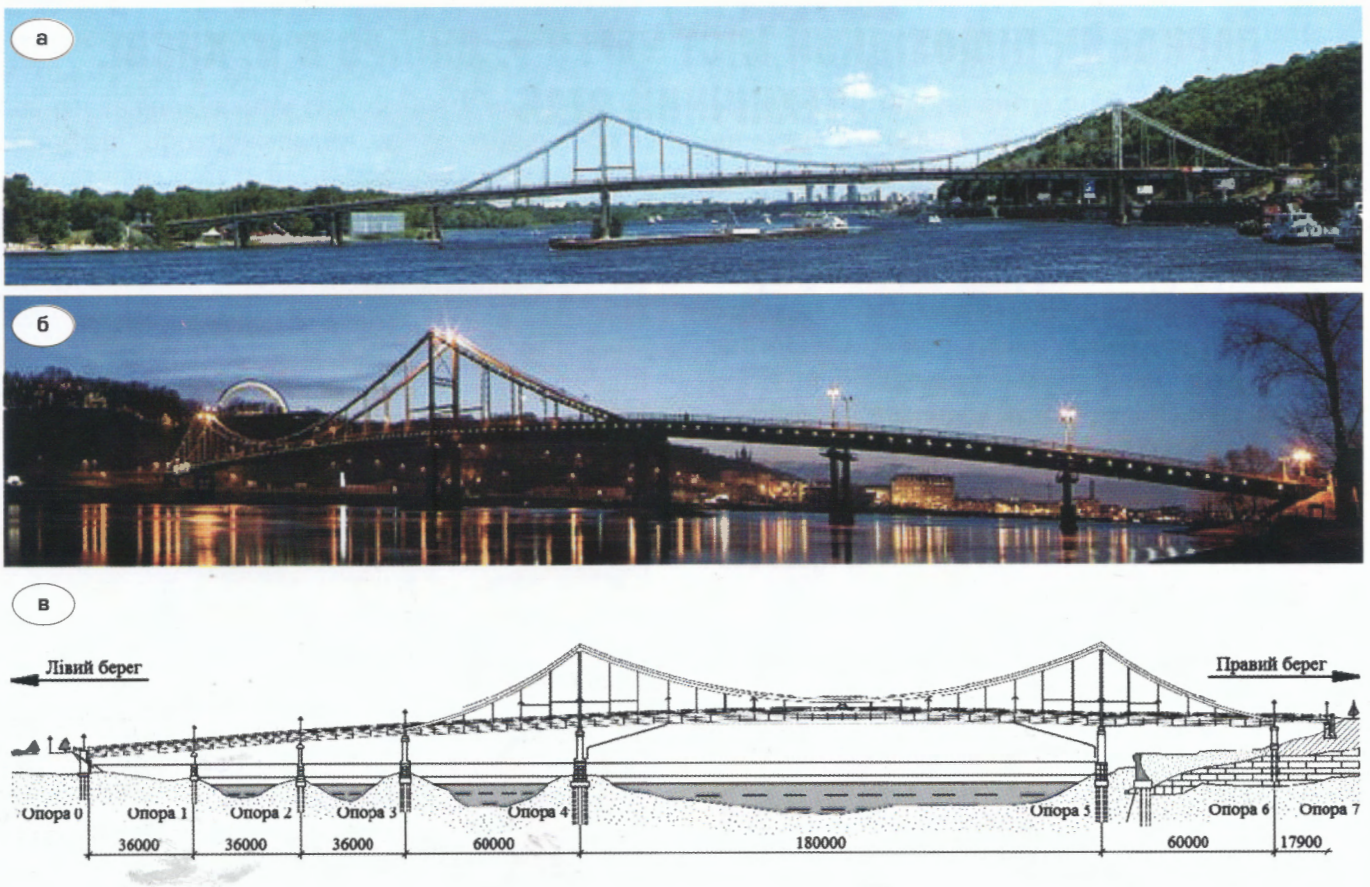


Рис. 1. Панорамні вигляди Паркового моста вдень (а), вночі (б) та його поздовжній переріз (в)

тонної плити пішохідної частини, що включена у їх сумісну роботу, та поздовжніх і поперечних в'язей. Несний ланцюг Н-подібного поперечного перерізу зварений з листів із клепаними монтажними з'єднаннями на заклепках діаметром 23 мм із сталі марки Ст2. Причому основні конструктивні елементи ланцюга – полиці та стінки двотавра – зварювались на заводі з низьколегованої високоміцної сталі НЛ2 за ГОСТ 5058-49, а всі інші елементи прогонової будови – балка жорсткості з в'язями, кінцеві ділянки ланцюга та пілони – виготовлені зі сталі марки М16С за ГОСТ 6713-53.

Пішохідна частина складається з Т-подібних збірних залізобетонних блоків завдовжки 7600 мм, заввишки 500 мм і завширшки 1400 мм, що спираються на головні сталеві балки. Покриття на пішохідній частині влаштовано з емульсійного акрилового полімеру на основі метилметакрилату з домішками кольорових пігментів. А з боків пішохідна частина обмежена перильною огорожею, в площині якої встановлені металеві стовпи освітлення.

Опори моста прийняті залізобетонними монолітними, а проміжні опори – з масивною нижньою частиною на ростверках і рамною надбудовою. Надводна частина опор складається із двох колон, що об'єднані ригелем, а їхні ростверки облицьовані гранітом. Крім того нижня частина руслових опор № 1, № 2, № 3 і № 4 укріплена каменевою обкидкою. А фундаменти опор виконано із залізобетонних забивних паль, за винятком опори № 7, фундамент якої влаштовано на природній ґрунтовій основі. Стояни моста запроектовано обсипними залізобетонними масивними.

Вкажемо також на те, що по мосту прокладені комунікації інженерних мереж: дві труби газопроводу ∅108 мм, труба водопроводу ∅159 мм, труба каналізації ∅159 мм, 7 азбестоцементних труб ∅100 мм і різноманітні кабельні мережі.

Історія експлуатації. Наведемо найбільш цікаву інформацію щодо експлуатації Паркового моста. Відомо, що ще у 1979 р. за завданням Комунального підприємства по ремонту і утри-

манню мостів і шляхів м. Києва «Київавтошляхміст» (КП «Київавтошляхміст») ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» вперше було проведено комплексне спеціальне обстеження конструкцій моста, здійснена їх інструментальна зйомка з метою оцінювання стану конструкцій та виконані перевірні розрахунки прогонової будови моста.

У 1980 р. за завданням КП «Київавтошляхміст« ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» було розроблено проект підсилення конструкцій Паркового моста, яким передбачалось усунення дефектів конструкцій проїзної частини, підвісок, реконструкція деформаційних швів і виправлення перекосів опорних частин. Проте, на превеликий жаль, до травня 1982 р. ці роботи не були виконані, що й призвело до аварії. А саме: внаслідок вчасно не виправленого угону опорних частин випали валки цих частин на опорах № 1 та № 2, в результаті чого трипрогонова нерозрізна будова лівобережної естакади впала на ригелі опор моста. Роботи з ліквідації наслідків аварії та з відновлення прогонової будови були проведені Мостозагоном № 2 Мостобуду № 1 та Головним управлінням житлового і цивільного будівництва при київському міськвиконкомі «Головкиївміськбуд» за робочими кресленнями ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського». Проте після завершення зазначених ремонтних робіт виникла необхідність у черговому комплексному спеціальному обстеженні, яке й було виконано у травні–серпні 1982 року.

У 2002–2003 рр. у зв'язку з виявленими обривами вертикальних підвісок та їх частковими пошкодженнями ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» провело обстеження та розробило робочий проект із підсилення підвісок моста та часткового усунення дефектів залізобетонної плити пішохідної частини.

У 2009 р. на замовлення Комунальної корпорації «Київавтодор» ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» розроблено проект капітального ремонту Паркового пішохідного моста. Цим проектом було передбачено здійснення ремонтних робіт із усунення дефектів несного ланцюга, підвісок, в'язей головних балок, плити пішохідної частини, опор (стійок, ригелів, підферменників) та відновлення антикорозійного захисту металевих конструкцій моста із застосуванням сучасних матеріалів. На виконання цього проекту у 2017 р. проведено ремонтні роботи на мосту, про які вже згадувалось.

Результати обстеження 2017 р. Після завершення ремонтних робіт у 2017 р. було виконано нове комплексне спеціальне обстеження Паркового моста, в результаті якого було виявлено низку дефектів і недоліків, в основному корозійного походження, що знижують не тільки несну здатність конструкцій, а й довговічність споруди у цілому. Вказане є наслідком того, що ремонт, на жаль, не передбачав відновлення пошкоджених корозією конструктивних елементів моста. Однак завдяки ремонту покриття пішохідної частини з застосуванням сучасних матеріалів міст у цілому набув оновленого зовнішнього вигляду.

Що ж стосується металоконструкції несних ланцюгів висячих прогонів моста, то вони перебувають у задовільному стані, на який навіть не впливають такі виявлені дефекти, як відсутність окремих заклепок у вузлах стиків ланцюга (дефект виявлений та не усунений із моменту будівництва) і засміченість у місцях його кріплення до прогонової будови. Крім того зазначимо, що в результаті проведеного ремонту у 2003–2004 рр. підвіски, які перебували у аварійному стані, були підсилені. Але при цьому не були проведені роботи з підсилення вузлів їхнього кріплення до ланцюгів. Окрім того, в місцях із відсутніми заклепками у з'єднаннях виявлена щілинна корозія. В частині ж стану пілона відновлення антикорозійного захисту виконано лише ззовні, через що воно залишилось порушеним як на внутрішніх поверхнях пілона, так і в місцях опорних частин та ще й засміченим (рис. 2).

Дефектами прогонової будови є корозія металу балок та в'язей між ними, що виникла внаслідок багаторічної відсутності належного догляду та регламентного фарбування, замокання та вилуговування бетону залізобетонних плит у вигляді сталактитів, формування тріщин на плиті пішохідної частини, руйнування захисного шару бетону, оголення та корозія арматури (рис. 3).

Основними дефектами конструкцій опор моста є вилуговування бетону ригелів опор через їх багаторічне замокання, що було спричинене порушенням системи водовідведення. Це ж є і причиною пошкоджень металу елементів опорних частин, поверхня яких має корозійні дефекти (рис. 4).



Рис. 2. Пошкодження антикорозійного захисту на внутрішніх поверхнях пілонів (а) та засміченість в його коробці (б)



Рис. 3. Наскрізна корозія стінки головної балки суднохідного прогону (а), пошкодження корозією нижніх в'язей (б), руйнування захисного шару й корозія арматури плит пішохідної частини (в), тріщини в плиті з вилуговуванням бетону (г)

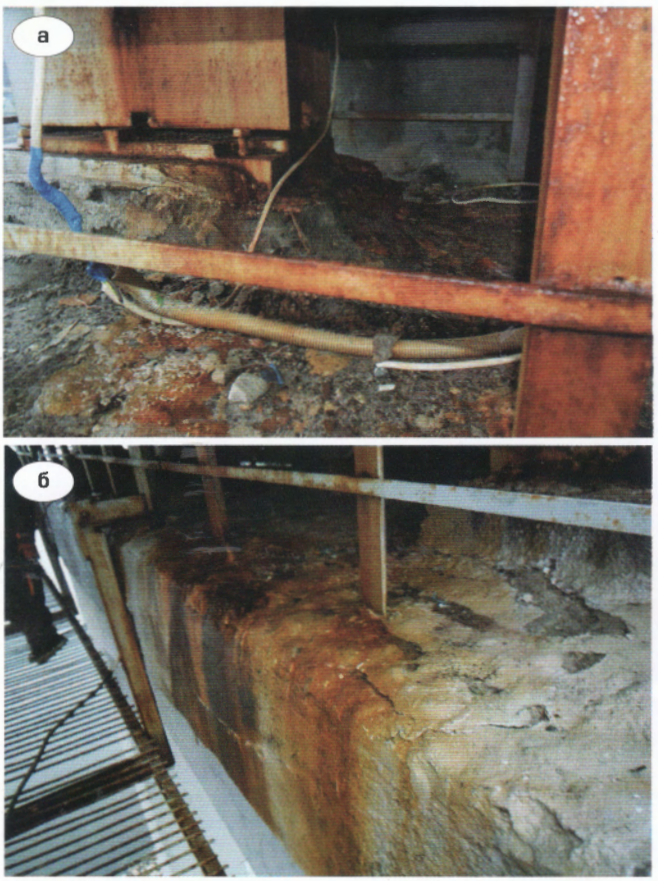


Рис. 4. Засміченість ригелів опор і пошкодження антикорозійного захисту опорних частин (а), пошкодження бетону ригелів опор та їх захисного фарбового покриття (б)

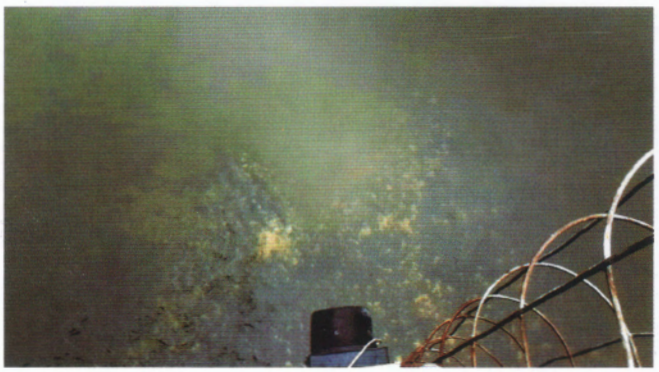


Рис. 5. Слід в кам'яній обкидці, що залишив фортштевень плавзасобу при зіткненні

А наприкінці статті висвітлимо один цікавий випадок, що стався у грудні 2017 року. Він безпосередньо не стосується результатів комплексних спеціальних обстежень конструкцій моста, але може слугувати застереженням під час експлуатації будь-якої мостової споруди. Мова йде про несподіваний навал плавзасобу на верховий бік опори № 4 Паркового моста, яка є однією з двох головних опор центрального прогону висячої будови моста (див. рис. 1, в). Такий аварійний випадок міг би мати дуже серйозні негативні наслідки аж до руйнування споруди, проте завдяки щасливому збігу обставин цього не трапилося. Очевидно, завдяки тому, що всі руслові опори моста мають захист від розмивів у вигляді достатньо щільної й міцної кам'яної обкидки. І саме ця обкидка, прийнявши на себе та поглинувши повну енергію удару від навалу й при цьому тільки трохи деформувавшись, вчасно зупинила судно, запобігши пошкодженню опори. В результаті цього аварійного випадку маємо тільки дещо зім'яту кам'яну обкидку зі слідом від форштевня плавзасобу (рис. 5) і не пошкоджену опору моста.

Висновки. Аналіз результатів обстеження конструкцій моста, а також розрахунків вантажопідйомності, визначення залишкового ресурсу моста та експертної оцінки технічного стану споруди дозволив виконати оцінку та прогнозування технічного стану моста відповідно до вимог [1]. За результатами цієї оцінки технічний стан елементів моста відповідає наступним експлуатаційним станам: ланцюги висячих прогонів – стан 3 (працездатний); підвіски висячих прогонів – стан 4 (обмежено працездатний); пілони – стан 3 (працездатний); перильна огорожа – стан 4 (обмежено працездатний); мостове полотно – стан 1 (справний); прогонова будова – стан 4 (обмежено працездатний); опори та опорні частини – стан 3 (працездатний); підходи – стан 2 (обмежено справний). Тому експлуатаційний стан моста в цілому, за найнижчим із показників експлуатаційного стану основних конструкцій, кваліфіковано як 4 – обмежено працездатний.

Відповідно до визначеного експлуатаційного стану моста стандартом [1] задля забезпечення його безаварійної експлуатації передбачено проведення обстежень за спеціальним графіком і виконання капітального ремонту за спеціально розробленим проектом, так як всі дефекти несних конструкцій моста призведуть до погіршення технічного стану прогонових будов споруди та опор, якщо найближчим часом не буде вжито ремонтних заходів.

[1] ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 45 с.

Надійшла 12.02.2019 р.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МОСТА МЕТРО ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ



Д.Й. Тарнопольський
директор ТОВ «Містпроект»,
м. Київ



Д.О. Котлубей
в.о. начальника
Комунального підприємства
по ремонту та утриманню мостів
і шляхів м. Києва «Київавтошляхміст»



О.В. Кот
провідний інженер
ТОВ «Містпроект», м. Київ

Міст метро через р. Дніпро в м. Києві побудовано у 1965 р. Мостозагоном № 2 Мостобуду № 1 за проектом Київської філії Державного інституту з проектування і вишукування автомобільних доріг «Союздорпроект» під керівництвом головного інженера проекту Г.Б. Фукса (рис. 1). У цьому ж році міст було прийнято в постійну експлуатацію. Міст призначений для проїзду автомобільного руху по чотирьох смугах та поїздів метро по двох коліях. По мосту проходить найстаріша лінія Київського метрополітену – Святошинсько-Броварська. Міст метро разом із інфраструктурно з ним пов'язаним Русанівським мостом сполучають правобережну частину м. Києва з Русанівським, Лівобережним, Воскресенським і Лісовим житловими масивами та парковою зоною відпочинку – Гідропарком. На правому березі р. Дніпро міст завершує станція «Дніпро» Київського метрополітену.

Міст метро – це аркова інженерна споруда з великими прогонами загальною довжиною близько 700 м, а його прогонові будови прийняті арково-консольного типу (рис. 2). Що ж стосується загальної характеристики конструктивної системи моста, то вона складається з врівноважених аркових консолей та затяжок – т.з. «пташок». Причому кожна «пташка» є симетричною, статично врівноваженою консольною системою, яка вирішена у вигляді чотирьох консольних напіварок (по дві з кожного боку), об'єднаних із тілом масивної опори, та затяжками із забетонованих попередньо-напружених витих канатів, розміщених між блоками плити проїзної частини. Між собою «пташки» з'єднані чотирма металевими шкворневими шарнірами (по два на кожну арку), розрахованими як на передавання вертикальних зусиль (поперечної сили), так і на сприйняття горизонтальних і вертикальних температурних переміщень.

У поперечному перерізі моста розташовані дві напіварки незамкненого коробчастого перерізу, зібрані з блоків на сухих та частково на мокрих стиках (рис. 3). Над кожною напіваркою передбачена двоярусна надаркова будова, що призначена для пропуску в верхньому ярусі двох колій метрополітену, а в нижньому ярусі по обидва боки метроестакади – автомобільного транспорту і пішохідного руху. Колії метрополітену знаходяться в центральній частині поперечного перерізу моста завширшки 9,4 м. Естакада метропроїзду має власний профіль, що піднімається над автопроїздом на кінцях моста, а посередині перебуває з ним в одному рівні. З кожного боку від колій метрополітену улаштовані дві смуги під автомобільний рух завширшки 7,0 м кожна, а по краях моста розташовано два пішохідних тротуари завширшки 2,5 м, підняті над проїзною частиною на 0,5 м.

Через те що міст метро будувався на місці зруйнованого під час Другої світової війни моста, то при проектуванні фундаментів були застосовані різнотипні рішення. А саме: всі його опори, крім правобережного стояна, обпираються на фундаменти глибокого залягання, а правобережний стоян влаштований над існуючою на момент проектування і будівництва опорою старого моста, основа якої являє собою масивну плиту мілкого залягання. Фундаменти чотирьох проміжних опор виконані у вигляді оболонок діаметром від 1,36 м до 3,0 м, а фундаменти решти опор є опускними колодязями діаметром 5 м і 6 м. Крім того, над кожною опорою запроектовані монолітні пілони.

 © Тарнопольський Д.Й., Котлубей Д.О., Кот О.В.



Рис. 1. Загальний вигляд моста метро з низового (а) та з верхового (б) боків

Тепер перейдемо до результатів обстеження моста метро. І одразу вкажемо на те, що під час експлуатації його обстеження проводились достатньо регулярно – починаючи від моменту введення в експлуатацію у 1965 р. й закінчуючи 2015–2016 рр., коли ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» виконало комплексне спеціальне обстеження всіх конструкцій споруди, включаючи і підводне обстеження опор. Найбільш істотними виявленими дефектами є пошкодження захисного шару бетону елементів конструкцій і корозія звичайної та попередньонапруженої арматури (рис. 4), переміщення консольних ділянок напіварок, ураження корозією ключових шарнірів (рис. 5) та руйнування системи водовідведення та гідроізоляції.

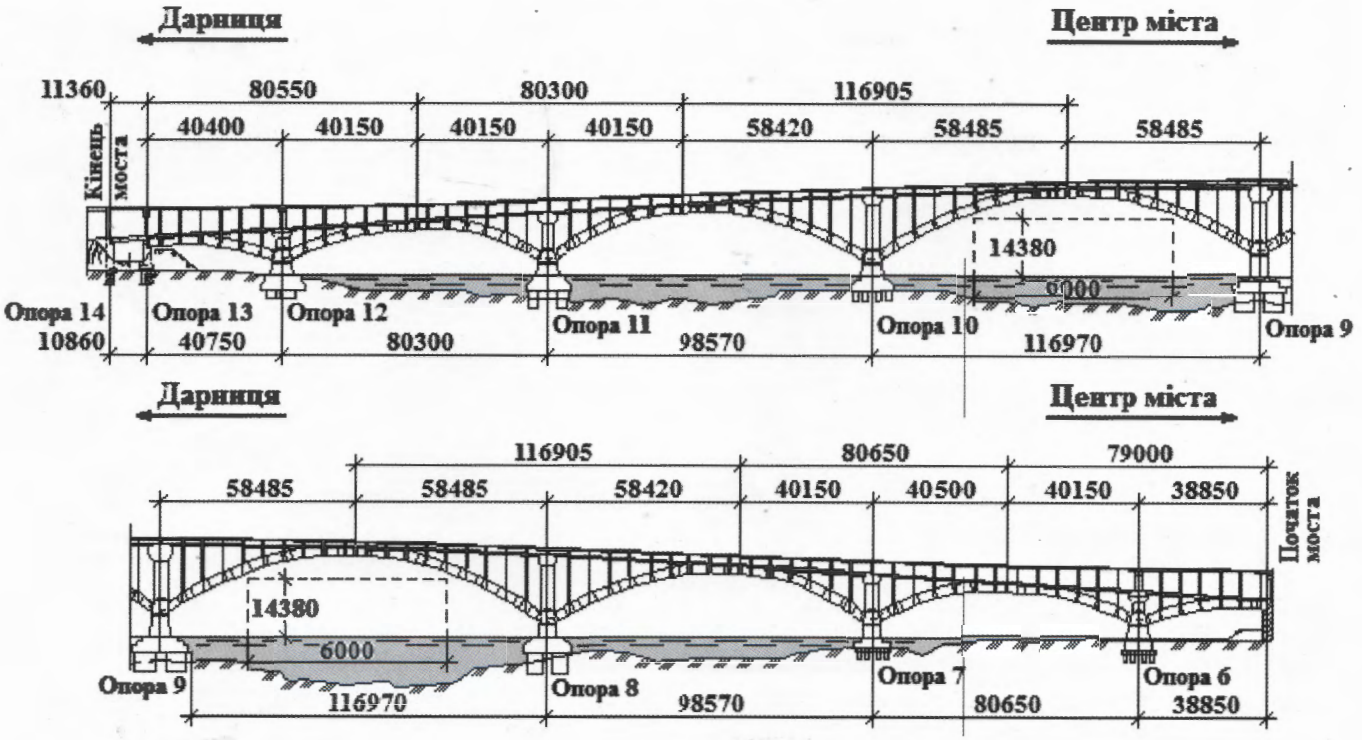


Рис. 2. Поздовжній переріз моста метро

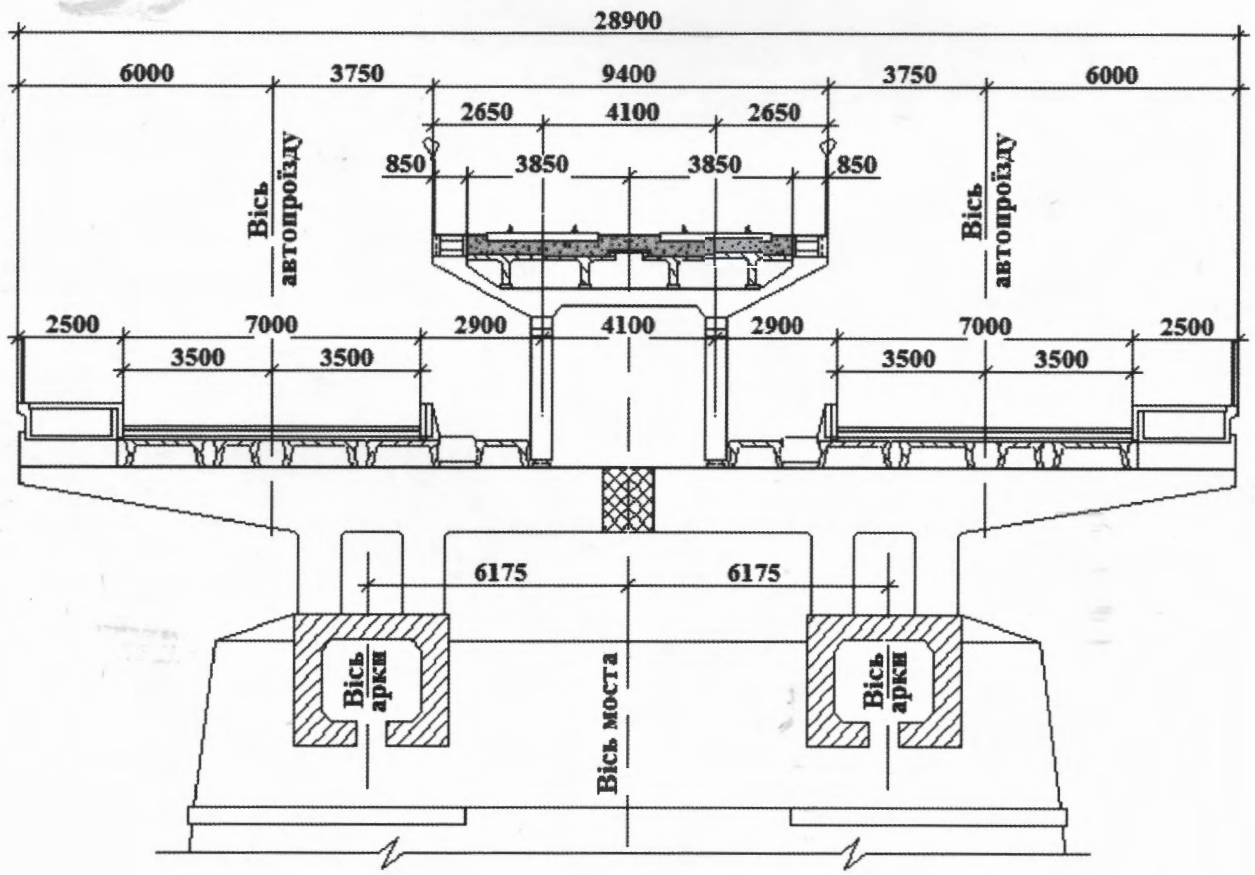


Рис. 3. Поперечний переріз моста метро

Причинами їх виникнення очевидно є наступне:

- неефективність систем водовідведення та гідроізоляції моста, що призводить до пришвидшення руйнування основних несних конструкцій у результаті їхнього систематичного заливання дощовими та талими водами, які містять розчини агресивних протиожеледних соляних сумішей;
- довготривалі деградаційні процеси у затяжках через усадку та повзучість бетону й релаксацію напружень у попередньо-напружених канатах й арматурі у комплексі з їхньою корозією, що спричиняє зменшення зусиль попереднього натягу та перевищення вертикальними деформаціями консольних ділянок піварок їхніх проектних значень;
- вимушена репрофіляція профілів метро- й автопроїздів із огляду на зростання вертикальних деформацій консольних ділянок піварок за рахунок потовщення шару баласту колій метрополітену і влаштування монолітної плити проїзної частини під час капітального ремонту в 1998 р., наслідком чого є не тільки приріст вертикальних навантажень понад показники проекту, а й чергове зростання прогинів консольних ділянок піварок;
- неможливість виконання робіт із коригування натягу канатів або заміни канатів чи конструкцій ключових шарнірів, зважаючи на прийняте проектне рішення конструктивної схеми моста;
- нерівномірність деформування мостової споруди, що збільшує навантаження на окремі несні конструкції.

Зазначимо, що аналіз і систематизація дефектів і пошкоджень обстежених конструкцій були виконані у відповідності із вимогами [2] з метою визначення категорії експлуатаційного стану згідно з класифікацією, наведеною у таблиці 4.1 [1]. Що ж стосується технічного стану обстежених конструкцій, то він класифікувався шляхом порівняння кількісних і якісних характеристик дефектів та пошкоджень із відповідними показниками, наведеними у додатку А [1]. В залежності від наявних пошкоджень технічний стан конструкцій оцінено таким чином: мостове полотно – стан 4 (обмежено працездатний); прогонова будова – стан 4 (обмежено працездатний); опори та опорні частини – стан 3 (працездатний); фундаменти – стан 3 (працездатний); підмостове русло – стан 3 (працездатний). За рейтингом основних конструктивних елементів стан моста визначено як обмежено працездатний (4). А залишковий ресурс даної споруди (до переходу в непрацездатний стан) оцінюється за найнижчим із показників залишкових ресурсів прогонових будов, опор і фундаментів згідно з [1] і складає шість років.



Рис. 4. Руйнування захисного шару монолітного бетону затяжки з корозією попередньо напружених канатів



Рис. 5. Корозія конструкцій шарніра

Відповідно до визначеного експлуатаційного стану моста для його подальшої безаварійної експлуатації необхідно проводити обстеження за графіком (не менше одного разу на три роки для мостів із терміном служби 40–60 років) і виконати капітальний ремонт, враховуючи рекомендації звіту з комплексного обстеження моста ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», передбачити підсилення прогонової будови, відновлення конструкцій прого-

нових будов та опор, засипання місцевих розмивів, повну заміну мостового полотна проїзної частини включно із бар'єрними та перильними огорожами та деформаційними швами.

Розглянемо основні конструктивно-технологічні рішення щодо проведення капітального ремонту моста метро, які містяться у розробленій проектно-кошторисній документації. Причому перед початком розроблення цієї документації, з урахуванням результатів проведених обстежень, були визначені основні дефекти, які найбільше впливають на надійність та довговічність споруди в цілому та призводять до руйнування монолітного бетону затяжок і корозії попередньо-напруженого армування, інтенсивної корозії з розшаруванням металу елементів ключових шарнірів, вертикальних прогинів консолей «пташок» та зниження несної здатності основи внаслідок місцевого розмиву плит фундаментів на опорах № 8, 9 і 10.

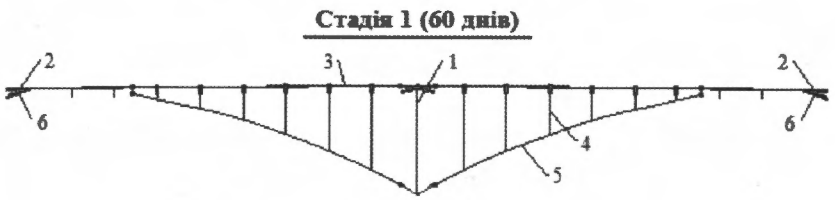
При цьому зазначимо, що серед усіх згаданих дефектів і пошкоджень найбільше запитань викликали величини вертикальних переміщень консолей піварок. Це пояснюється тим, що під час аналізу результатів нівелювання «пташок» моста метро було виявлено, що малі прогони 6–7 та 11–12 мають прогини консолей більші, ніж суміжні з ними прогони 7–8 та 10–11 (див. рис. 2). А в прогонах 8–9 та 9–10 прогини досягли максимальних значень. Як виявилось причиною такої, на перший погляд, несподіваної картини деформування є те, що у прогонах 5–6 та 12–13 консолі «пташок» 6 та 12 є неврівноваженими, оскільки крайні напіварки спираються на стояни. Засвідчене тягне за собою перевантаження другого «крила пташки» (з боку опор № 7 та 11 відповідно), які, в свою чергу, через ключовий шарнір передають зусилля спочатку на суміжні консолі «пташок» 7 та 11, а потім вже далі уздовж всього моста. У результаті виходить, що додаткові навантаження від обпирання крайніх консолей моста припадають на максимальні за довжиною прогони 8–9 та 9–10, що й призводить до найбільших значень прогинів у зазначених прогонах.

Що ж стосується інших чинників основних складових наявних деформацій, то вони пов'язані з впливом, по-перше, існуючого навантаження (причому розглядається тільки постійне навантаження, оскільки вважається, що деформації від тимчасового навантаження є пружними), по-друге, обпирання крайніх «пташок» на стояни, по-третє, повзучості та усадки бетону (процеси, що залежать від часу) і, нарешті, по-четверте, втратами попереднього напруження через релаксацію та корозію арматурних пучків. Більше того, має велике значення ще й те, що руйнування попередньо-напруженої арматури не тільки суттєво впливає на рівновагу всієї системи, а й разом із релаксацією пучків та довготривалими процесами в бетоні спричиняє «провисання» кінців консолей «пташок». А останнє, в свою чергу, призводить до сприймання шарнірами додаткових зусиль та пришвидшує через це руйнування самих шарнірів.

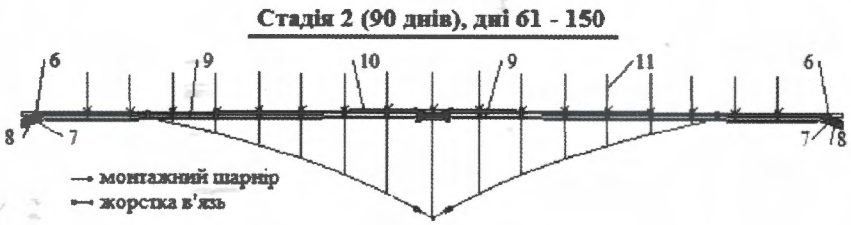
З огляду на вказане цілком зрозумілим є те, що задля оцінювання частки втрат попереднього напруження від корозії арматури, повзучості та релаксації пучків насамперед конче потрібно визначити деформації від постійного навантаження, повзучості та усадки бетону. Вказана задача була вирішена із застосуванням ПК «MIDAS Civil», специфічна особливість якого полягає у можливості задання реальних параметрів стадій монтажу та здатності активувати чи деактивувати протягом усього часу стадії довільних граничних умов. Причому кожна з цих стадій характеризується своїм проміжком часу, різними видами навантаження, які до того ж можуть прикладатися в будь-який момент впродовж тривалості стадії.

Отже, з метою найбільш адекватного відображення конструктивних властивостей існуючої споруди та максимально допустимого врахування, в розрахунковій моделі моста метро технологічних особливостей монтажу заплановано провести його у три стадії. Типова послідовність таких стадій на прикладі «пташки» 9 (8) представлена на рис. 6, з якого зокрема вбачається, що загальний час монтажу однієї «пташки» становить 195 днів (6,5 місяців).

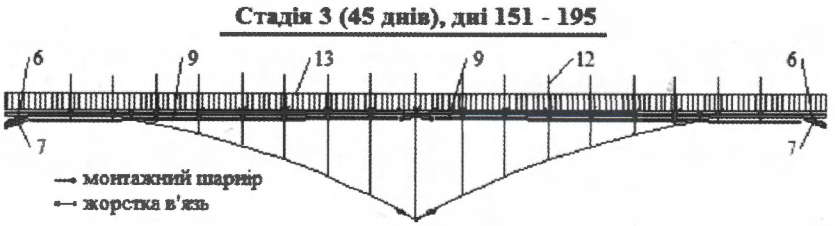
А тепер привернемо увагу ще до однієї важливої проектної пропозиції, яка полягає в тому, що додатково до зазначених вище трьох стадій монтажу проектом передбачена ще й четверта спеціальна «контрольно-експлуатаційна» стадія, тривалість якої досягає 18250 днів (50 років) і відповідає часу від початку експлуатації моста до дати його останнього обстеження у 1965–2015 роках. Метою цієї стадії є проведення постійного натурного моніторингу розвинення процесів повзучості та усадки бетону й втрати попере-



Елементи:
пілон, арка, стоя и та ригелі автопроїзду, упорні блоки Т -1
Навантаження:
1 день – власна вага зазначених елементів;
30 день – натягування 1-ї групи канатів



Елементи, що додаються:
плити автопроїзду
Навантаження:
1 день – власна вага зазначених елементів, вага конструкцій метропроїзду та тротуарів;
30 день – натягування 2-ї групи канатів;
60 день – натягування 3-ї і 4-ї груп канатів



Елементи, що додаються:
ін'єктування каналів попередньо напружених пучків
Навантаження:
1 день – 2-га частина постійного навантаження (мостове полотно, баласт метропроїзду)



Канати 1-ї групи натягування: № 13 - 22
Канати 2-ї групи натягування: № 9, 12
Канати 3-ї групи натягування: № 1 - 8, 10, 11
Канати 4-ї групи натягування: № 23, 24

Рис. 6. Розрахункова схема «пташки» 9 (8) та стадії її монтажу:
1 – пілон; **2** – упорний блок Т-1; **3** – жорсткість плит автопроїзду без врахування власної ваги; **4** – стояни та ригелі; **5** – арка; **6** – перша група натягування (20 канатів по 115 т); **7** – друга група натягування (4 канати по 145 т); **8** – третя група натягування (20 канатів по 145 т); **9** – четверта група натягування (4 канати по 136 т); **10** – плити автопроїзду; **11** – конструкції метропроїзду та тротуарів; **12** – баласт метропроїзду; **13** – мостове полотно

нього напруження шляхом фіксації показників деформацій конструктивних елементів моста метро. А задля вчасного виявлення імовірних неочікуваних відхилень від проектної роботи споруди намічено проведення регулярного порівняння цих деформацій з їх прогнозованими розрахунковими значеннями, отриманими з використанням ПК «MIDAS Civil».

Підсумовуючи викладене зазначимо, що з метою відновлення несучої здатності та подовження терміну експлуатації моста метро було розглянуто три варіанта його капітального ремонту, а саме:

1. Збереження існуючої геометричної схеми. Встановлення додаткового напруженого армування в усіх «пташках».

2. Перетворення арково-консольної системи в аркову шляхом омонолічування ключових шарнірів, жорстке об'єднання напіварок у прогонах 5–6, 12–13 із опорами № 5 і 13, підсилення фундаментів опор № 5, 6, 12, 13.

3. Перетворення арково-консольної системи в аркову шляхом омонолічування ключових шарнірів усіх «пташок», вільне обпирання напіварок у прогонах 5–6, 12–13 на стояни, підсилення фундаментів опор № 6 і 12.

Проте після аналізування всіх результатів розрахунків третій варіант було відхилено через те, що, по-перше, в опорах № 6 і 12 виникають значні зусилля, які конструктивно неможливо сприйняти в існуючих умовах і, по-друге, виникає необхідність додаткового попереднього напружування армування в прогонах 5–6 та 12–13.

Що ж стосується першого і другого варіантів капітального ремонту, то необхідно звернути увагу на те, що, як і в інших існуючих транспортних спорудах, корозія арматури та руйнування захисного шару бетону конструкцій моста метро майже цілком відбуваються внаслідок зношення та пошкодження гідроізоляції проїзної частини. Тому поверхнева вода з розчинами агресивних протиожеледних соляних сумішей, постійно просочуючись крізь існуюче покриття проїзної частини (звичайний асфальтобетон) та місця руйнування захисного шару й гідроізоляції, вільно потрапляє на поверхню залізобетонної затяжки та пришвидшує його руйнування. Погіршують стан ще дві об'єктивні обставини. Перша з них полягає в тому, що всі стики між монолітним та збірним залізобетоном традиційно є слабкими місцями залізобетонних конструкцій, що призводить до збільшення обсягів води, що просочується. Друга ж обставина властива винятково конструктивній схемі моста метро та зводиться до того, що вісь поздовжнього водовідведення в поперечному перерізі перебуває у безпосередній близькості від монолітного вузла, через який проходять пучки попередньо-напруженого армування, що, на жаль, сприяє потраплянню на нього більшої кількості поверхневих вод. Таким чином безсумнівним є той факт, що будь-який із запропонованих варіантів ремонту споруди, крім відновлення несучої здатності моста, обов'язково повинен передбачати системні заходи щодо захисту арматури від корозії, влаштування водонепроникного покриття проїзної частини та усунення чи хоча б відтермінування передумов для погіршення їх технічного стану у майбутньому.

Тому з урахуванням наведених вище міркувань та порівняння вартості робіт та трудовитрат, людських ресурсів за першим й другим варіантами капітального ремонту дійшли остаточного висновку, що перший варіант ремонту моста метро є більш раціональним і рекомендованим до практичної реалізації. Причому термін виконання всіх будівельно-монтажних робіт для цього варіанта складає 22 місяці при цілодобовому режимі роботи.

[1] ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 45 с.

[2] ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2009. – 44 с.

Надійшла 12.03.2019 р.

ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

Автор публікації протягом багатьох років займається питаннями технічного регулювання у галузі монтажних і спеціальних будівельних робіт, очолював розробку більш як 50 нормативних документів національного рівня і усвідомлює, що його бачення проблемних питань зазначеної тематики не є остаточним, тому запрошує фахівців для подальшого обговорення цього важливого напрямку із підвищення рівня конкурентоспроможності вітчизняної будівельної галузі



В.П. Адріанов
віце-президент
Академії будівництва України

Будівництво є особливою галуззю матеріального виробництва у народному господарстві України, яка забезпечує відтворення виробничих і невиробничих основних фондів усіх галузей економіки, зведення нових і розширення діючих об'єктів, а також їх реконструкцію та технічне переозброєння.

Важливою складовою системи національної безпеки держави є убезпечення будівель і споруд за рахунок реалізації комплексу взаємопов'язаних рішень та механізму нормативно-правового, організаційного та технічного характеру.

Одним із головних напрямків здійснення державної технічної політики у будівництві є технічне регулювання.

Питання забезпечення технічного регулювання у будівельній галузі визначаються законами, нормативно-правовими і нормативними актами та нормативними документами. Нормування і стандартизація у сукупності з процедурами оцінки відповідності та здійснення ринкового нагляду складають сферу технічного регулювання у будівництві, спрямованого в першу чергу на забезпечення надійності та безпеки об'єктів і життєвого середовища (рис. 1).

Основне стратегічне завдання вітчизняного технічного регулювання – формування сучасної нормативної бази, інтегрованої у міжнародний нормативно-правовий простір шляхом послідовної містобудівної політики, оновлення основних фондів, створення сприятливих умов для добросовісної конкуренції серед виробників продукції будівельного призначення, проектування і спорудження сучасних об'єктів промислового і соціального призначення.

Наразі у вітчизняній будівельній галузі створена і реалізується модель регулювання, яка базується на засадах Євросоюзу зі збереженням національних технічних традицій (рис. 2).

У переліку базових законодавчих актів України, які визначають основні принципи технічного регулювання, – Господарський кодекс України, Закони України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності», «Про будівельні норми», «Про стандартизацію». Так, згідно зі статтею 15 Господарського кодексу України у сфері господарювання при технічному регулюванні застосовуються технічні регламенти, стандарти, кодекси усталеної практики та технічні умови.

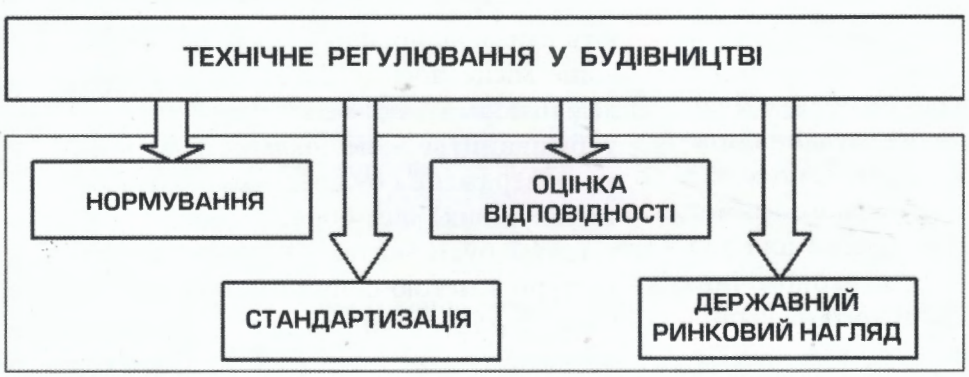


Рис. 1. Технічне регулювання у будівництві

© Адріанов В.П.



Рис. 2. Нормативна база у системі технічного регулювання

Постановою Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 р. № 1764 вперше у вітчизняній практиці було затверджено Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд, розроблений з урахуванням вимог Директиви Ради Європи 89/106/ЕС від 21.12.1988 р., який визначає основні вимоги до будівельних виробів, будівель і споруд щодо забезпечення безпеки життя і здоров'я людини, безпеки експлуатації, механічного опору та стійкості, пожежної безпеки, економії енергії, захисту довкілля, а також процедури оцінки відповідності виробів установленим вимогам та порядок їх застосування. Одночасно Технічний регламент встановлює, що основні вимоги до виробів і споруд повинні конкретизуватись в регламентних технічних умовах (стандарти, технічні умови та технічні свідоцтва) і будівельних нормах, що у підсумку суттєво вплинуло на впровадження нових підходів до створення сучасної нормативної бази у будівництві.

У загальному Реєстрі технічних регламентів, затверджених нормативно-правовими актами (61), Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд посідає особливе місце у зв'язку із високим рівнем прогнозування можливих негативних соціально-економічних наслідків з причини невиконання його вимог, у тому числі виникнення небезпеки для здоров'я і життя людей, значних економічних збитків, втрати об'єктів культурного надбання, припинення функціонування об'єктів комунікацій, транспорту, зв'язку, енергетики, інженерних мереж тощо.

Наступним і важливим кроком у розвитку системи технічного регулювання у будівельній галузі буде прийняття нового очікуваного Закону України «Про основні вимоги до будівель і споруд, а також умови розміщення на ринку будівельних виробів», спрямованого на імплементацію положень консолідованої версії Регламенту (ЕС) № 305/2011 Європейського Парламенту і Ради, який дозволить комплексно врегулювати суспільні відносини суб'єктів господарювання у процесі проведення технічної апробації будівельних виробів та здійснення декларування, а також посилить захист прав споживачів, зокрема шляхом підвищення рівня інформованості про якість і безпеку споруд, будівельних виробів.

Особливістю будівельної галузі є віднесення до загальної системи технічного регулювання такого важливого чинника, як нормування.

У переліку законодавчих актів, що регулюють наразі відносини у сфері нормування, провідне місце посідає Закон України «Про будівельні норми», яким визначено, що нормування у будівництві – це діяльність з розроблення та затвердження будівельних норм (державних та галузевих) для обов'язкового застосування у галузі будівництва, містобудування та архітектури з метою формування безпечного середовища для життя і здоров'я людини, у законі визначені також суб'єкти нормування, їх повно-

важення, загальний порядок розроблення, затвердження та реєстрації будівельних норм та особливості їх застосування.

Галузеві будівельні норми (ГБН) розроблюються за відсутності державних будівельних норм (ДБН) або за необхідності встановити норми, які конкретизують вимоги ДБН, з урахуванням специфіки діяльності підприємств цієї галузі. Крім ДБН та ГДН до сфери нормування відносяться також чинні досі норми і правила (СНиП) та будівельні норми (СН) колишнього Радянського Союзу.

Наразі в Україні діють 111 ДБН і 39 змін до них, 23 ГБН, 45 СНиП і 17 рекомендованих СН. У переліку чинних державних будівельних норм 20 мають термін затвердження більш як 20 років, 30 – затверджених більше 10 років потому і досі не переглядались. Загалом на сьогодні потребують перегляду 72 ДБН, або 70 % від їх загальної чисельності. У текстах ДБН значна кількість посилань на нормативно-технічні документи, які втратили чинність. У цьому переліку скасовані ДБН, ДСТУ, ДСТУ-Н, ГОСТ, СНиП, СН, ВСН, ДСН, ДержСанПін, НПАОП, ДНАОП, НАПБ, Правила улаштування електроустановок, Правила безпеки у газовому господарстві та інші документи. Є приклади коли у діючих ДБН усі існуючі посилання втратили чинність, що суттєво ускладнює їх використання.

За останні роки Мінрегіоном був підготовлений і затверджений значний перелік змін до державних будівельних норм переважно для проектування об'єктів соціального призначення, однак ця діяльність не має системного і комплексного характеру і не відповідає у певній мірі потребам із оновлення базових нормативних документів. На жаль, темпи старіння ДБН випереджають темпи їх перегляду.

Однією з причин такого стану є недостатня кількість базових організацій – відповідно до чинного законодавства єдиних виконавців робіт з розроблення ДБН.

У переліку базових організацій Мінрегіону наразі відсутні 14 науково-технічних організацій – розробників ДБН у різні роки – і не визначено хто і коли буде їх переглядати та вносити необхідні зміни, очевидно, що міністерству необхідно залучати до цієї роботи нові фахові організації та установи, звернувши увагу, в першу чергу, на вищі навчальні заклади будівельного профілю.

Ще одним чинником повільного оновлення ДБН є недостатні обсяги фінансування за бюджетні кошти (табл. 1).

Науково-технічна спільнота будівельної галузі неодноразово звертала увагу керівництва Мінрегіону на те, що за умов прагнення України інтегруватися до Європейської спільноти є неприпустимим наявність у переліку нормативних документів національного рівня у галузі будівництва СНиП і СН колишнього Радянського Союзу, які були введені у дію 30–40 років потому і не відповідають сучасним вимогам безпеки, надійності, енергоефективності, впливу на довкілля і не враховують сучасні надбання науки і техніки.

Із застосуванням цієї застарілої бази проектуються об'єкти базових галузей промисловості, а також летовища, теплові електростанції, тунелі, греблі, мережі електротранспорту, магістральні трубопроводи, нафтогазосховища та інші об'єкти. Є неприпустимим створення об'єктів будівництва для наступних поколінь без урахування досягнень технічного прогресу.

Повільні темпи розроблення нових та перегляд діючих нормативних документів у будівництві ускладнюють діяльність проектувальників, будівельників, працівників технічного нагляду, експертів, робітників Держархбудінспекції, викладачів вищих навчальних закладів, а також спеціалістів самоврегульованих

Таблиця 1

Фінансування нормативної бази у будівництві за рахунок бюджетної програми

Фінансування за бюджетною програмою КПКВК 2751030	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.
Розроблення проектів ДБН, млн.грн	0,88	1,09	0,46	1,11	1,90	2,46

Довідково – у бюджетній програмі Укравтодору на 2019 рік на наукове обґрунтування та розроблення проектів нормативної бази спрямовується біля 43 млн. грн.

організацій, які займаються підготовкою і перепідготовкою відповідальних виконавців окремих видів робіт (послуг), пов'язаних із створенням об'єктів архітектури.

Дієвим кроком у покращенні такого стану з нормотворчістю була б, очевидно, підготовка нової Концепції нормативного забезпечення у будівництві з терміном виконання на 5 років із детальним опрацюванням заходів Мінрегіону та інших центральних органів виконавчої влади – суб'єктів нормування, розрахунками фінансового забезпечення та затвердження її Урядом України.

За роки незалежності України у будівельній галузі була впроваджена усталена практика, згідно з якою будівельні норми стали основою для проектування і спорудження об'єктів нерухомості та регламентують базові і безпечні вимоги до будівель і споруд на усіх етапах їх життєвого циклу. Національні стандарти (ДСТУ, ДСТУ-Н), СОУ, ТУ, ТС спрямовані на реалізацію вимог, встановлених технічними регламентами і будівельними нормами, а також на актуалізацію національної нормативної бази до умов сьогодення.

У Мінрегіоні за роки незалежності була здійснена системна робота з розроблення сучасної нормативної бази шляхом об'єднання науково-технічних потенціалів базових організацій з нормування та колективів технічних комітетів стандартизації, що у підсумку сприяло отриманню позитивних результатів.

Процес інтеграції України у європейський простір передумовив очікувальні зміни у проведенні державної технічної політики.

Зобов'язання нашої країни узгодити національне законодавство у сфері технічного регулювання із європейським відповідно до Угоди про Асоціацію з ЄС містить як переваги, так і виклики для українського будівельного бізнесу. Перевагою є перехід до технічних регламентів, що визначаються в ЄС та багатьох інших країнах світу, це знижує нетарифні бар'єри у торгівлі з цими країнами та стимулює експорт.

Водночас цей перехід вимагає перебудови роками існуючої системи технічного регулювання у галузі, в тому числі збільшення витрат на гармонізацію європейської гілки стандартизації, опанування нових підходів до оцінки відповідності та ринкового нагляду, модернізації виробництва, перепідготовки кадрів, а також виваженої державної протекціоністської політики щодо вітчизняного виробника.

Введення в дію нового Закону України «Про стандартизацію» поки що не дало суттєвих позитивних результатів щодо стану стандартизації як базового чинника у системі технічного регулювання. Особливо негативно реформування у сфері стандартизації вплинуло на будівельну галузь.

Припинення повноважень Мінрегіону як суб'єкта стандартизації значно ускладнило виконання міністерством функції з технічного



Рис. 3. Статус стандарту у законодавстві України

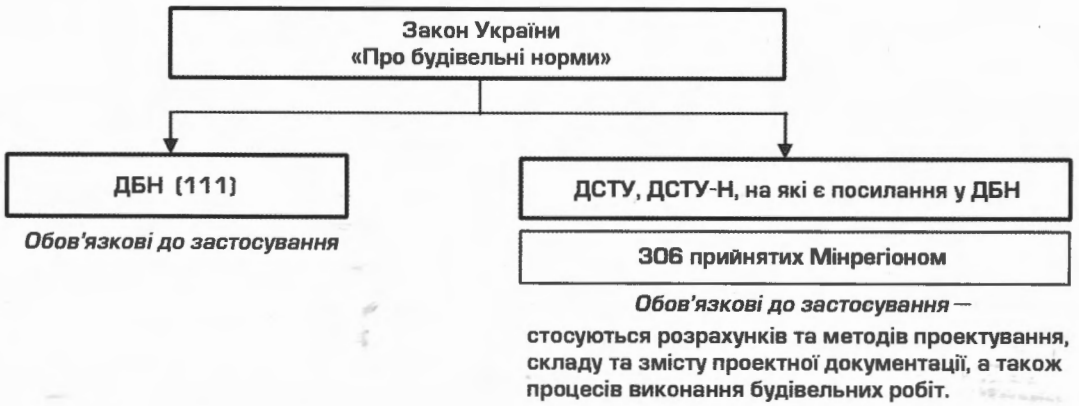


Рис. 4. Особливості застосування нормативної бази у будівництві

регулювання у галузі будівництва, містобудування, промисловості будівельних матеріалів, житлово-комунального господарства (Постанова КМ України від 16.12.2015 р. № 1057).

У Мінрегіоні відбувається поступове згортання практичної роботи із стандартизації – третій рік поспіль відсутнє фінансування за рахунок бюджету розробок національних стандартів та гармонізації європейських нормативних документів, четвертий рік не затверджується перелік національних стандартів, які в разі їх добровільного застосування є доказом відповідності продукції вимогам Технічного регламенту, припинені контакти міністерства з технічними комітетами стандартизації у галузі будівництва, на сайті Мінрегіону зник розділ «стандартизація» як джерело інформації для всього будівельного загалу.

Не сприяють розвитку стандартизації існуючі розбіжності і протиріччя щодо термінології у законах України «Про стандартизацію», «Про будівельні норми» та Господарському кодексі України (рис. 3). Наприклад, стаття 11, п. 4 Закону України «Про будівельні норми» визначає, що в разі, якщо у будівельних нормах є посилання на стандарти, то ці стандарти є обов'язковими до застосування. Ця стаття не узгоджується із статтею 23, п. 2 Закону України «Про стандартизацію» щодо застосування стандартів на добровільній основі. Такий стан із правовими негараздами у системі технічного регулювання негативно впливає на нормотворчість і потребує врегулювання на законодавчому рівні.

Наразі у будівельній галузі існує дві гілки стандартизації.

Національна. Це ДСТУ, ДСТУ-Н (настанова), СОУ, ТУ добровільного застосування на продукцію будівельного призначення або пов'язаних з нею процесів (всього більше 3000 нормативних документів). До цієї гілки відносяться також стандарти із статусом обов'язкового застосування, на які є посилання у ДБН (рис. 4).

Європейська. У відповідності із статтями 55, 56 Угоди про Асоціацію між Україною та ЄС наша держава взяла на себе зобов'язання перед європейськими партнерами у галузі будівництва до 2020 р. провести роботу щодо впровадження (гармонізації) європейських стандартів (EN) як національних.

Європейська гілка складається із стандартів на проектування конструкцій будівельного призначення (Єврокоди)ДСТУ-Н Б EN та стандартів на будівельні вироби (Євростандарти) – ДСТУ Б EN.

Стан із гармонізацією європейських стандартів на початок 2019 р. наведений у таблиці 2. Відставання у цій сфері створює для України технічні бар'єри щодо торгівлі з ЄС будівельними виробами і послугами, унеможливлює своєчасне виконання зобов'язань, передбачених Угодою про асоціацію.

Причиною такого стану є незадовільне фінансування розробок із гармонізації європейської гілки за кошти державного бюджету та коштів бізнес-спільноти галузі (табл. 3).

Є й позитивні приклади, коли фахові бізнес-структури залучаються до розроблення і фінансування нової або перегляду застарілої нормативної бази. Серед них асоціації –

«Український центр сталевого будівництва», «Укрелектрокабель», «Укрцемент». Однак загалом фінансове забезпечення оновлення стандартів у будівництві є незадовільним. Тільки для виконання взятих на себе зобов'язань Україні потрібно актуалізувати, розробити та прийняти протягом 2019–2020 рр. 380 гармонізованих стандартів. Вартість цієї роботи складає біля 30 млн. грн. При існуючих обсягах фінансування ця, вкрай необхідна, робота розтягнеться на десятиріччя.

Хронічна нестача коштів на розвиток національної системи стандартизації спонукає Національний орган стандартизації (НОС) до включення в Програму робіт з підготовки національних НД розробку і гармонізацію методом «перевидання» (без перекладу українською мовою), що відрізняється від існуючої багаторічної практики у будівельній галузі, використовуючи метод «перекладу», який допомагає запобігти ускладненням при практичному застосуванні стандартів у зв'язку із недостатньою мовною підготовкою широкого кола користувачів (проектувальників, будівельників, виробників будівельних виробів тощо), а також неоднозначним тлумаченням положень стандартів та термінології.

Без державного фінансування заходів із розроблення і удосконалення нормативної бази у будівельній галузі неможливо підтримувати і оновлювати її на сучасному технічному і якісному рівні.

Державну регуляторну політику у будівництві здійснює центральний орган виконавчої влади – Мінрегіон України. Наразі міністерство має певні здобутки у реалізації державних програм із децентралізації або енергоефективності за рахунок розроблення і прийняття необхідних регуляторних актів, вирішення питань фінансування, а також високого рівня організації виконання широкого спектра практичних і дієвих заходів.

Будівельна спільнота очікує, що питання технічного регулювання – як складова система національної безпеки країни – буде також у центрі уваги міністерства.

Потрібно терміново відновлювати припинену у Мінрегіоні роботу зі стандартизації, як визначального чинника у здійсненні технічної політики.

Без стандартизації практично неможливо отримати позитивні результати у нормуванні, бо стандарти є базовим інструментом для реалізації вимог будівельних норм, особливо при запровадженні параметричного методу нормування.

Таблиця 2

Стан з гармонізації євростандартів у будівництві

Єврокоди – стандарти на проектування конструкцій	● 58 прийняті й гармонізовані в 2013 році з національнми додатками
	● З 2013 року в 12 Єврокодів в ЄС внесені зміни, які в Україні не гармонізовані
	● Більш ніж 2/3 Єврокодів будуть скориговані у найближчі 2–3 роки
Євростандарти, що підтримують Єврокоди	● Кількість – 472
	● Гармонізовані – 186, з них вимагають перегляду з урахуванням внесених змін в ЄС – 46
Євростандарти на будівельні вироби	● Кількість – 2744
	● Гармонізовані – 610, з них вимагають перегляду з урахуванням внесених змін в ЄС – 272

Таблиця 3

Фінансування нормативної бази у будівництві за рахунок бюджетної програми

Фінансування за бюджетною програмою КПКВК 2751030	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.
Розроблення проектів ДСТУ, млн.грн	2,70	0,53	1,05	–	–	–

Без стандартизації міністерству неможливо здійснювати технічне регулювання у галузі промисловості будівельних матеріалів, а також у методичному супроводі проектної діяльності, адже гармонізовані в Україні Єврокоди з проектування будівельних конструкцій імплементовані у нормативний простір галузі у вигляді національних стандартів і потребують синхронного перегляду разом зі змінами їх у Європі.

Без стандартизації значно ускладнюється впровадження сучасних інформаційних технологій у галузі будівництва (Bim-технології).

За останні роки Офіс ефективного регулювання BRDO із залученням фахівців будівельної галузі виконав системний перегляд державного регулювання у базових секторах будівельного ринку із виявленням недоліків чинного регулювання та підготував конкретні пропозиції щодо підвищення їх ефективності. Тому Мінрегіону доцільно на базі цього аналізу і пропозицій, викладених у так званих «зелених книгах», підготувати «дорожню карту» із конкретними заходами щодо підготовки нових або внесення змін до чинних нормативно-правових актів.

Однією з умов проведення ефективного технічного регулювання у будівництві є залучення на постійній основі інтелектуального потенціалу галузевої науки, вищої школи, саморегульованих організацій і фахових об'єднань. Науково-технічна спільнота галузі, яка озброєна спеціальними технічними знаннями та багаторічним досвідом розроблення та впровадження інновацій у будівельне виробництво, в змозі бути надійним партнером Мінрегіону у здійсненні державної технічної політики.

Фундаментом створеної за роки незалежності України системи технічного регулювання у будівництві є вітчизняна нормативна база, яка стала національним надбанням, бо ґрунтується на основі національних традицій в українській архітектурі, містобудуванні, реалізованих будівельних проектів, передового досвіду професійного загону будівельників при зведенні найскладніших в технічному плані об'єктів промислового і соціального призначення.

На шляху інтеграції до Європейської спільноти, впроваджуючи найсучасніші міжнародні стандарти, потрібно одночасно удосконалювати і розвивати національну нормативну базу фондоутворювальної галузі. Відтак, не зайвим буде нагадати слова великого Кобзаря українського народу Тараса Шевченка: «*Чужому навчайтесь і свого не цурайтесь*».

Наша країна на порозі суттєвих і невідкладних структурних змін у базових галузях промисловості і соціальної сфери, і тільки сучасна, технічно і технологічно озброєна вітчизняна будівельна галузь в змозі брати активну участь у подальшому розвитку національної економіки.

Надійшла 11.03.2019 р.

Інформація

У НАЦІОНАЛЬНОМУ ОРГАНІ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Згідно з наказом Національного органу стандартизації від 10 травня 2019 року № 117 прийняті національні стандарти, гармонізовані з європейськими стандартами методом перекладу:

- ✓ ДСТУ EN 1090-2:2019 (EN 1090-2:2018, IDT) «Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Частина 2. Технічні вимоги до сталевих конструкцій» (на заміну ДСТУ EN 1090-2:2014);
- ✓ ДСТУ EN 1090-4:2019 (EN 1090-4:2018, IDT) «Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Частина 4. Технічні вимоги до холодноформованих сталевих будівельних елементів та конструкцій для покрівель, стель, підлог і стін» (вперше).

Прийняті стандарти спрямовані на підвищення технічного і якісного рівня вітчизняного металобудівництва та збільшення експортного потенціалу українських заводів із виготовлення будівельних металевих конструкцій.

УДК 621.924

СИЛОВИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ РУЧНИХ МАШИН ПІД ЧАС РОБОТИ З ВІДРІЗНИМИ АБРАЗИВНИМИ АРМОВАНИМИ КРУГАМИ

У статті наведені результати досліджень щодо впливу конструктивних та режимних параметрів ручних кутових шліфувальних машин на завантаженість оператора під час роботи з абразивними робочими органами.

The article presents the results of research on the influence of structural and regime parameters of angular grinding machines on the load of the operator when working with cut off working organs.

Ключові слова: кутова шліфувальна машина, абразивний армований круг, навантаження на рукояті.



Ю.Д. Абрашкевич
професор кафедри «Будівельні машини ім. Ю.О. Вєтрова» Київського національного університету будівництва і архітектури, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор



Г.М. Мачишин
доцент кафедри «Будівельні машини ім. Ю.О. Вєтрова» Київського національного університету будівництва і архітектури, к.т.н., доцент



О.А. Марченко
інженер Київського національного університету будівництва і архітектури

Різання металопрокату відноситься до масових трудомістких процесів. У більшості випадків на будівельно-монтажних майданчиках вони виконуються ручними кутовими шліфувальними машинами, робочим органом яких є абразивні армовані круги. На ринку України представлена велика кількість таких машин різних фірм, що відрізняються потужністю приводу та конструкцією. Багатофункціональність та універсальність кутових шліфувальних машин (КШМ) у поєднанні з можливістю використання різноманітного змінного робочого обладнання дає змогу значно прискорити та полегшити виконання відрізних, шліфувальних та зачисних операцій у ході проведення будівельних, монтажних, ремонтних та інших робіт. Особливістю таких машин є поєднання властивостей машини, що забезпечує основний робочий рух, з одного боку, та ручного інструменту – з іншого, що потребує використання ручної сили для утримання машини в руках, сприйняття реактивних сил та моментів, здійснення руху подачі та додаткових переміщень. При цьому виникає тісна взаємодія в системі «оператор – ручна машина – робоче середовище», яка має ряд особливостей порівняно з верстатним обладнанням, а саме:

- нестабільність та відсутність жорсткості при подачі робочого органу;
- можливість виникнення перекосів у процесі роботи;
- неможливість отримання стабільної величини подачі;
- постійна зміна інтенсивності проведення роботи в межах допустимої потужності приводу;
- обмеження тангенціальних та радіальних сил, що діють на круг, потужністю приводу та індивідуальними фізичними даними оператора.

Тому, враховуючи складність роботи з ручними машинами при проведенні будівельно-монтажних робіт та її залежність від фізичних даних та навиків оператора, крім технологічних та економічних показників першочергове значення мають ергономічні показники. Серед яких крім вібраційної, шумової та інших характеристик слід виділити залежність навантажень на рукоятях машини від зусиль на робочому органі, маси машини, її конструктивних параметрів та зміни положення рукоятей відносно КШМ.

У процесі роботи КШМ механічним приводом створюється крутний момент на шпинделі та здійснюється обертання робочого органу. Всі інші функції: поздовжня та поперечна подача, утримання машини та загальне управління виконує оператор. Під час роботи з КШМ опера-

тор може утримувати її у будь-якому положенні та забезпечувати достатньо точний напрямок подачі круга. При цьому, навіть при вертикальному робочому положенні осі машини, частина її ваги виконує корисну роботу – здійснює тиск на круг, тим самим полегшуючи роботу оператора. Крім цього, при роботі з КШМ місце обробки і простір у напрямку подачі знаходяться у прямій видимості оператора, що сприяє дотриманню достатньо точного напрямку подачі.

Силові показники та їх зміна можуть бути визначені шляхом статичного аналізу машини. Розглянемо схему (рис. 1) дії сил на ручну машину, що працює з відрізним кругом (торцева робоча поверхня).

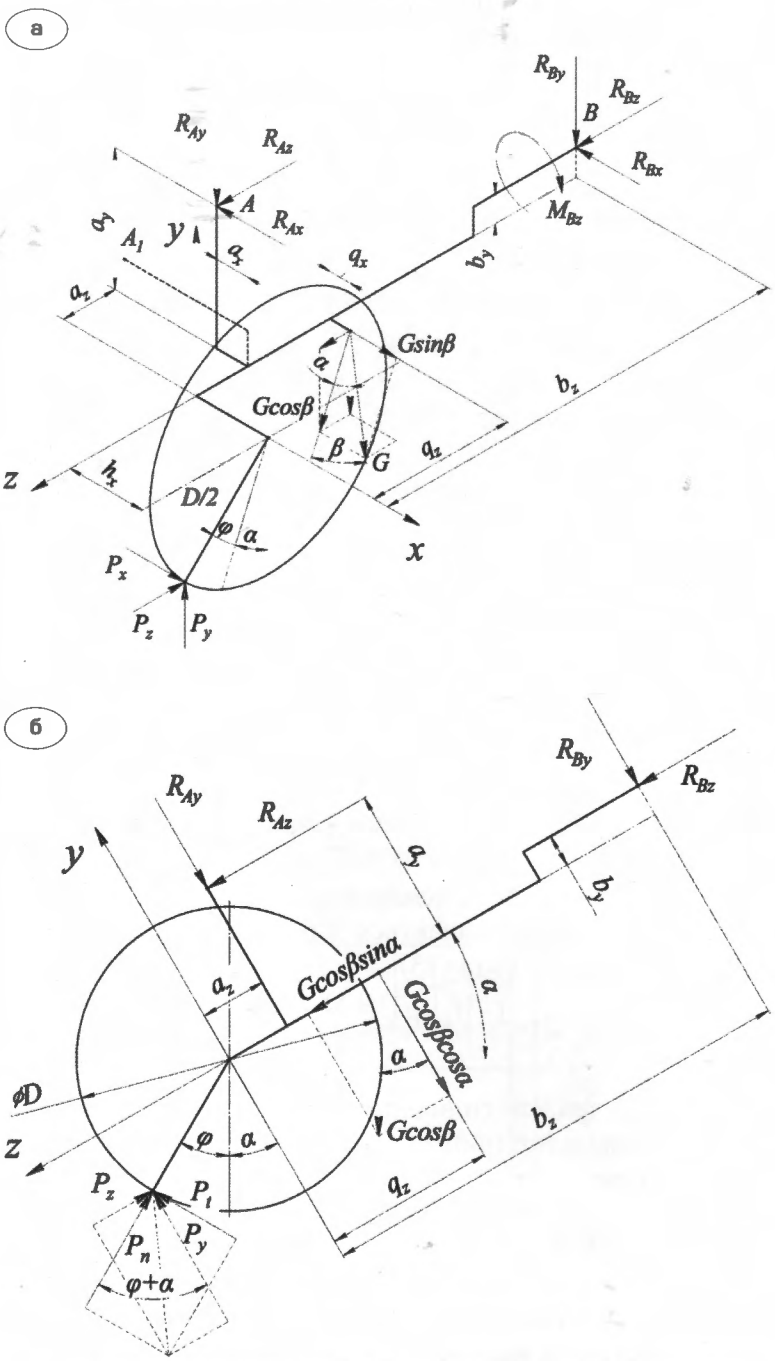


Рис. 1. Схема дії сил на ручну КШМ під час роботи з відрізним кругом:
а – загальний вигляд; **б** – вигляд на КШМ у проекції *yz*;
P_x, P_y, P_z – сили, що діють на робочий орган машини, відповідно по осях *x*, *y*, *z*;
R_{Ax}, R_{Ay}, R_{Az} – сили реакції на рукояті *A*, що діють по осях *x*, *y*, *z*;
R_{Bx}, R_{By}, R_{Bz} – те саме на рукояті *B*; M_{Bz} – реактивний момент на рукояті *B*;
G – сила ваги КШМ із кругом; P_t – тангенціальна складова сили, що діє на робочий орган; P_n – радіальна складова сили, що діє на робочий орган.

На рисунку введено наступні позначення: a_x, a_y, a_z – лінійні розміри положення точки прикладання реакції на рукояті *A*; b_x, b_y, b_z – те саме на рукояті *B*; q_x, q_z – лінійні розміри положення центру ваги КШМ з робочим органом; h_x – висота кріплення робочого органу по відношенню до осі двигуна КШМ; *D* – діаметр робочого органу (відрізного круга); φ – кут між радіальною складовою сили різання та вертикаллю; α – кут нахилу осі приводу (двигуна) КШМ до горизонталі; β – кут нахилу КШМ у площині круга.

Умова рівноваги системи має вид:

1) $\Sigma X = 0$; 2) $\Sigma Y = 0$; 3) $\Sigma Z = 0$;
4) $\Sigma M_x = 0$; 5) $\Sigma M_y = 0$; 6) $\Sigma M_z = 0$.

Після підстановки відповідних показників:

$$R_{Ax} + R_{Bx} = P_x + G \cdot \sin\beta = c_1; \quad (1)$$

$$R_{Ay} + R_{By} = P_y - G \cdot \cos\beta \cdot \cos\alpha = c_2; \quad (2)$$

$$R_{Az} + R_{Bz} = P_z - G \cdot \cos\beta \cdot \sin\alpha = c_3; \quad (3)$$

$$R_{Az} a_y - R_{Ay} a_z + R_{Bz} b_y - R_{By} b_z = P_y \frac{D}{2} \sin(\varphi + \alpha) - P_z \frac{D}{2} \cos(\varphi + \alpha) - G \cdot \cos\beta \cdot \cos\alpha \cdot q_z = c_4; \quad (4)$$

$$R_{Ax} a_z - R_{Az} a_x + R_{Bx} b_z = -P_x \frac{D}{2} \sin(\varphi + \alpha) - P_z h_x + G \cdot \sin\beta \cdot q_z + G \cdot \cos\beta \cdot \sin\alpha \cdot q_x = c_5; \quad (5)$$

$$R_{Ax} a_y + R_{Ay} a_x + R_{Bx} b_y - M_{Bz} = -P_x \frac{D}{2} \cos(\varphi + \alpha) - P_y h_x + G \cdot \cos\beta \cdot \cos\alpha \cdot q_x = c_6, \quad (6)$$

де c_1, c_2 ... c_6 – частина рівнянь рівноваги від дії зовнішніх сил.

Зусилля подачі машини, тобто її переміщення по осі *z*, розподіляється між однією (наприклад, правою) R_{Az} та іншою (відповідно, лівою) R_{Bz} руками оператора. Співвідношення цих зусиль залежить

від фізичних даних та навичок оператора, його пози та умов проведення операції. Відповідно до цього приймемо:

$$\frac{R_{Az}}{R_{Bz}} = k_z ,$$

де k_z – коефіцієнт, що враховує розподілення зусиль подачі між обома руками оператора.

Тоді з рівняння (3) отримаємо:

$$R_{Az} = \frac{1}{k_z + 1} c_3 ; \quad R_{Bz} = \frac{k_z}{k_z + 1} c_3 . \qquad (7)$$

З рівнянь (1) та (5) визначимо R_{Ax} та R_{Bx}:

$$R_{Ax} = \frac{c_1 b_z - c_5 + R_{Az} a_x}{b_z - a_z}; \; R_{Bx} = \frac{c_5 - c_1 a_z - R_{Az} a_x}{b_z - a_z}. \qquad (8)$$

З рівнянь (2) та (4) визначимо R_{Ay} та R_{By}:

$$R_{Ay} = \frac{c_2 b_z + c_4 - R_{Az} a_y - R_{Bz} b_y}{b_z - a_z}; \qquad (9)$$

$$R_{By} = \frac{R_{Az} a_y + R_{Bz} b_y - c_2 a_z - c_4}{b_z - a_z}.$$

З рівняння (6) визначимо:

$$M_{Bz} = \frac{1}{b_z - a_z}[c_1(a_y b_z - a_z b_y) + c_2 a_x b_z - c_3 a_x b_y + c_4 a_x + c_5(b_y - a_y) - c_6(b_z - a_z) + R_{Az}(a_x - a_z)]. \qquad (10)$$

Для ручних машин характерним є повне використання потужності приводу [1, 2]. Тому між величиною тангенціальної складової сили різання P_t (Н) та встановленою потужністю N (Вт) приводу машини має місце залежність

$$P_t = \frac{N}{V} = \frac{N \cdot 60}{\pi n D}, \qquad (11)$$

де V – колова швидкість круга, м/с; n – частота обертання круга, об/хв.; D – діаметр відрізного круга, м.

При цьому необхідно враховувати, що за відсутності жорсткого направлення подачі, активну участь у процесі різання беруть бокові поверхні круга, що знаходяться у пропилі. У результаті чого виникають значні тангенціальні зусилля по бокових поверхнях круга з оброблюваним матеріалом, набагато більші ніж при стаціонарних умовах. Ці зусилля значно знижують ефективність роботи машини. У зв'язку з цим потужність на шпинделі КШМ можна представити наступним чином:

$$N = N_{tn} + N_{tx},$$

де $N_{tn} = P_{tn} V_n$ – потужність різання торцевою поверхнею круга; $N_{tx} = P_{tx} V_x$ – потужність різання боковими поверхнями; P_{tn}, V_n – тангенціальна складова сили різання торцевою поверхнею та колова швидкість точки її прикладання відповідно; P_{tx}, V_x – тангенціальна складова сили різання боковою поверхнею та колова швидкість точки її прикладання відповідно.

Оскільки тертя боковою поверхнею у процесі різання відбувається поблизу її периферії, то можна приблизно рахувати, що $V_x = V_n = V$. А враховуючи, що

$$\frac{P_{tn}}{P_n} = \mu_n \text{ та } \frac{P_{tx}}{|P_x|} = \mu_x ,$$

де $|P_x|$ – абсолютне значення бокового зусилля; μ_n, μ_x – відповідно коефіцієнт тертя між матеріалом, що розрізається торцевою та боковою поверхнями робочого органу, значення коефіцієнтів тертя можуть бути пов'язані через співвідношення $k_\mu = \frac{\mu_x}{\mu_n}$, за однакових значень коефіцієнтів тертя по поверхнях диска $\mu_n = \mu_x = \mu$ співвідношення $k_\mu = 1$.

Тоді сумарна тангенціальна складова сили, що діє на робочий орган:

$$P_t = P_n \mu_n + |P_x| \cdot \mu_x = \mu_n (P_n + |P_x| \cdot k_\mu). \qquad (12)$$

Величина бокової складової, що діє на робочий орган, по відношенню до тангенціальної може бути представлена співвідношенням

$$\frac{P_x}{P_t} = f_x . \qquad (13)$$

Тоді максимальне значення нормальної складової сили в залежності від ефективної потужності N приводу машини при дії бокового зусилля визначається з рівняння (12) з урахуванням (11) та (13):

$$P_n = P_t \frac{1 - |f_x| \cdot \mu_x}{\mu_n} = \frac{N \cdot 60(1 - |f_x| \cdot k_\mu \mu_n)}{\pi \cdot n \cdot D \cdot \mu_n}. \qquad (14)$$

Звідси співвідношення тангенціальної до радіальної (нормальної) складової сили різання буде:

$$f_n = \frac{P_t}{P_n} = \frac{\mu_n}{1 - |f_x| \cdot k_\mu \cdot \mu_n}. \qquad (15)$$

Зі схеми (див. рис. 1, б) дії сил на робочому органі з урахуванням рівняння (15) випливає, що складові зусилля на крузі по осях y та z дорівнюють:

$$P_y = P_n[\cos(\varphi + \alpha) + f_n \cdot \sin(\varphi + \alpha)]; \qquad (16)$$

$$P_z = P_n[\sin(\varphi + \alpha) - f_n \cdot \cos(\varphi + \alpha)]. \qquad (17)$$

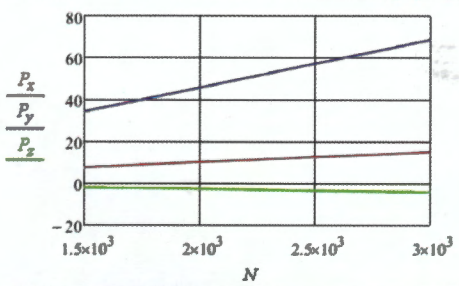
Враховуючи отримані вирази та виходячи з рівнянь (7)…(10), можна провести аналіз впливу режимів роботи, силових і конструктивних параметрів, у тому числі розміщення рукояті A в різних положеннях (див. рис. 1), на навантаження оператора.

У таблицях 1–6 наведено дані зміни навантаження на рукоятях в положенні A та A_1 у залежності від N, D, φ, α, μ, f_x при незмінних інших параметрах. Дані відповідають наступним вихідним значенням розрахункових величин: N = 2500 Вт; D = 230 мм; G = 60 Н;

Таблиця 1

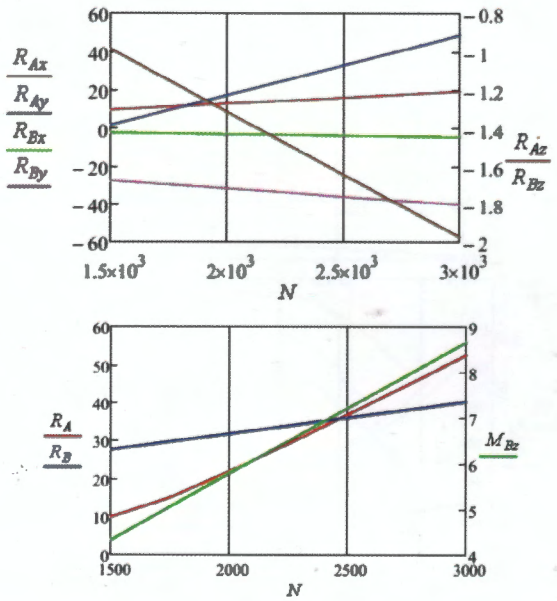
Зміна сил та реакцій при зміні потужності N КШМ

N, Вт	P_x, Н	P_y, Н	P_z, Н	
1500	7,549	34,329	–1,972	
2000	10,065	45,772	–2,629	
2500	12,581	57,215	–3,286	
3000	15,098	68,658	–3,944	

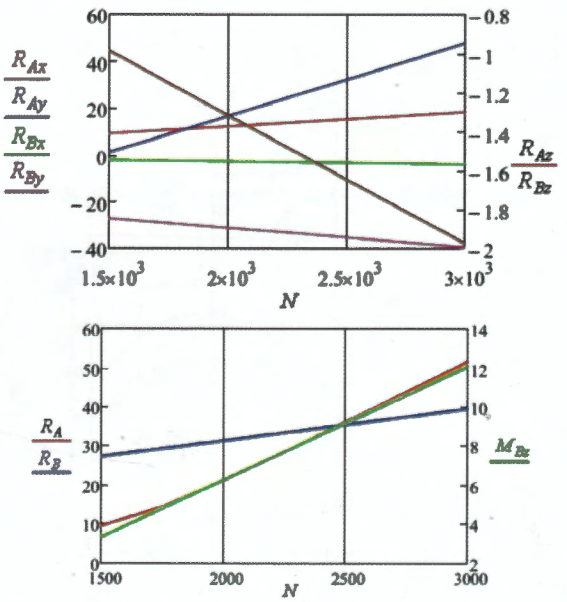


N, Вт	Сили реакції на рукояті у положенні A, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
1500	9,653	1,845	–0,986	–2,105	–27,516	–0,986	9,877	27,614	4,332
2000	12,871	17,459	–1,315	–2,806	–31,688	–1,315	21,731	31,839	5,776
2500	16,089	33,074	–1,643	–3,508	–35,860	–1,643	36,817	36,068	7,220
3000	19,307	48,689	–1,972	–4,209	–40,032	–1,972	52,415	40,301	8,663
	Зміна відповідного параметра								
2,00	2,00	26,39	2,00	2,00	1,45	2,00	5,31	1,46	2,00
N, Вт	Сили реакції на рукояті у положенні A_1, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
1500	9,284	1,475	–0,986	–1,735	–27,146	–0,986	9,452	27,219	3,332
2000	12,378	16,967	–1,315	–2,313	–31,195	–1,315	21,043	31,308	6,242
2500	15,473	32,458	–1,643	–2,891	–35,243	–1,643	35,995	35,400	9,153
3000	18,567	47,950	–1,972	–3,470	–39,292	–1,972	51,457	39,494	12,064
	Зміна відповідного параметра								
2,00	2,00	32,51	2,00	2,00	1,45	2,00	5,44	1,45	3,62

Положення рукояті A



Положення рукояті A_1



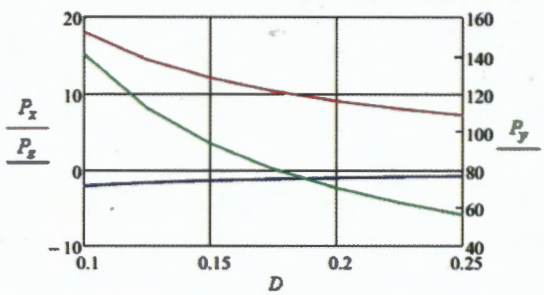
$n = 6600$ об/хв.; $k_z = 1$; $\mu = 0{,}52$; $f_x = 0{,}25$; $\varphi = 30°$; $\alpha = 0°$; $\beta = 0°$; $a_z = 0{,}05$ м; $b_x = b_y = 0$; $b_z = 0{,}37$ м; $q_x = q_y = 0$; $q_z = 0{,}13$ м; $h_x = 0{,}07$ м. При розташуванні передньої рукояті: – в положенні A: $a_x = 0$; $a_y = 0{,}12$ м; – в положенні A_1: $a_x = 0{,}12$ м; $a_y = 0$.

Аналіз залежностей (7)–(12) та побудованих на їх основі кривих, зображених в табл. 1, показує, що зміна потужності N КШМ дозволяє збільшити силове навантаження на робочому органі, одночасно збільшуючи навантаження

Таблиця 2

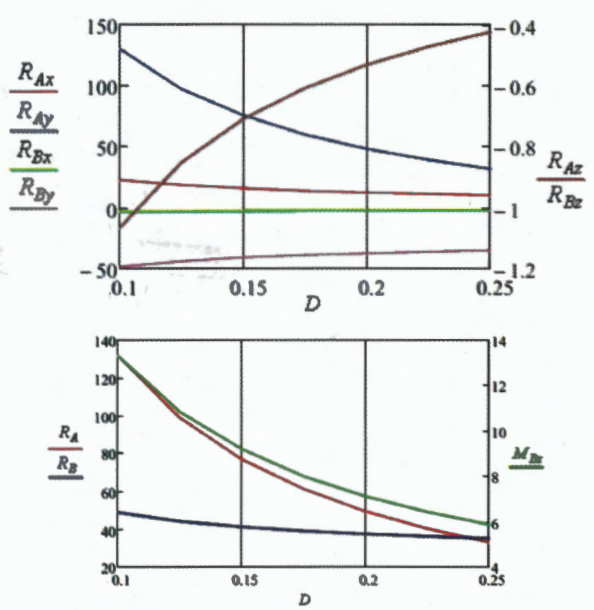
Зміна сил та реакцій при зміні діаметра круга D (зносі)

D, м	P_x, Н	P_y, Н	P_z, Н	
0,1	18,086	140,992	–2,133	
0,15	12,057	93,994	–1,422	
0,2	9,043	70,496	–1,067	
0,25	7,234	56,397	–0,853	

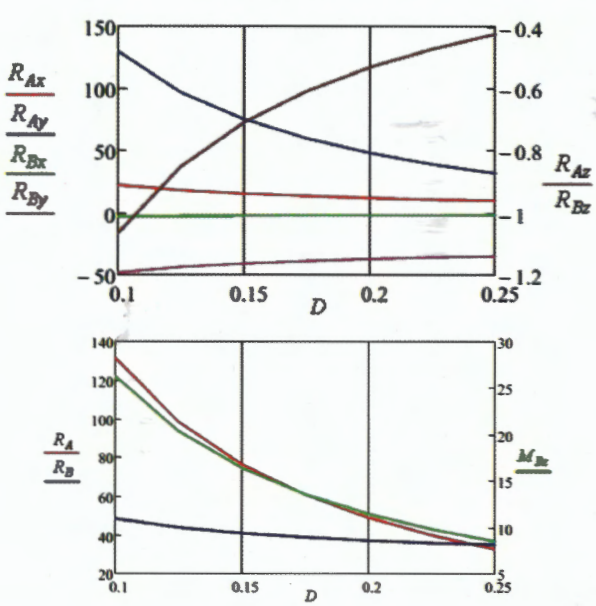


D, м	Сили реакції на рукояті у положенні A, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
0,1	21,858	129,725	–1,067	–3,772	–48,734	–1,067	131,558	48,891	13,296
0,15	15,043	75,251	–0,711	–2,986	–41,257	–0,711	76,743	41,371	9,181
0,2	11,635	48,014	–0,533	–2,593	–37,519	–0,533	49,407	37,612	7,124
0,25	9,591	31,672	–0,427	–2,357	–35,276	–0,427	33,095	35,357	5,890
	Зміна відповідного параметра								
	2,28	4,10	2,50	1,60	1,38	2,50	3,98	1,38	2,26
D, м	Сили реакції на рукояті у положенні A_1, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
0,1	21,458	129,325	–1,067	–3,372	–48,334	–1,067	131,098	48,463	26,172
0,15	14,776	74,985	–0,711	–2,719	–40,990	–0,711	76,43	41,086	16,361
0,2	11,435	47,814	–0,533	–2,393	–37,319	–0,533	49,166	37,399	11,456
0,25	9,431	31,512	–0,427	–2,197	–35,116	–0,427	32,896	35,187	8,512
	Зміна відповідного параметра								
	2,28	4,10	2,50	1,53	1,38	2,50	3,99	1,38	3,07

Положення рукояті A



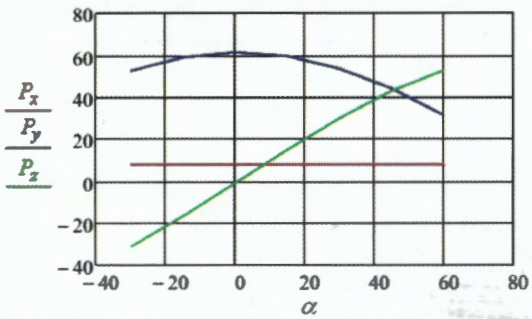
Положення рукояті A_1



Таблиця 3

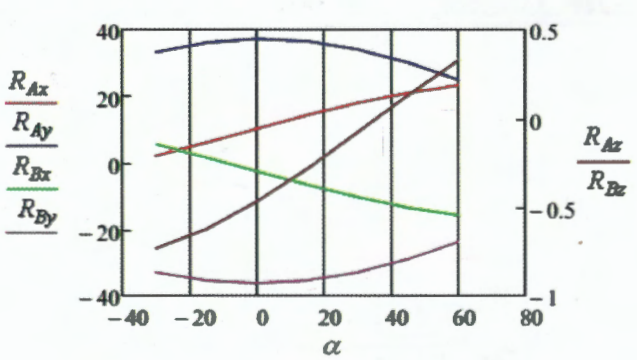
Зміна сил та реакцій при зміні кута α

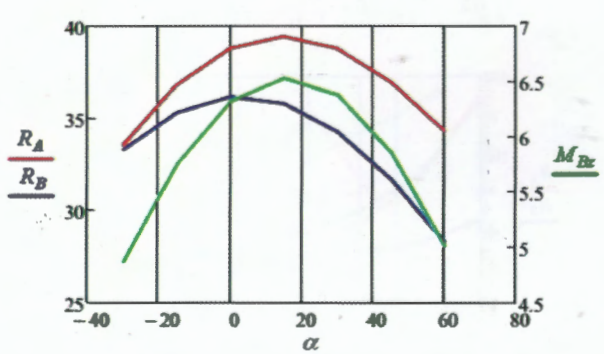
α, °	P_x, Н	P_y, Н	P_z, Н
–30	7,863	52,624	–31,454
–15	7,863	58,972	–16,762
0	7,863	61,301	–0,927
15	7,863	59,452	14,97
30	7,863	53,552	29,847
45	7,863	44,002	42,69
60	7,863	31,454	52,624



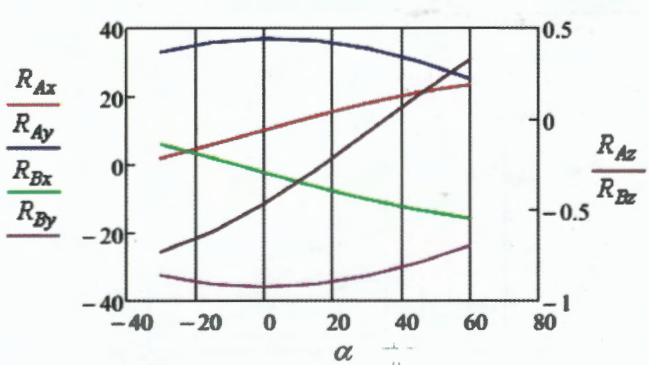
α, °	Сили реакції на рукояті у положенні *A*, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_b	M_{Bz}
–30	2,212	33,452	–0,727	5,652	–32,789	–0,727	33,533	33,281	4,867
–15	6,157	36,254	–0,616	1,707	–35,238	–0,616	36,778	35,285	5,752
0	10,302	37,356	–0,464	–2,439	–36,056	–0,464	38,754	36,141	6,319
15	14,365	36,683	–0,28	–6,502	–35,187	–0,28	39,396	35,783	6,530
30	18,068	34,28	–0,076	–10,205	–32,69	–0,076	38,751	34,246	6,37
45	21,16	30,312	0,132	–13,297	–28,736	0,132	36,967	31,664	5,851
60	23,429	25,048	0,331	–15,566	–23,594	0,331	34,299	28,268	5,007
α, °	Сили реакції на рукояті у положенні A_1, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_b	M_{Bz}
–30	1,939	33,179	–0,727	5,924	–32,517	–0,727	33,244	33,06	8,569
–15	5,926	36,023	–0,616	1,938	–35,007	–0,616	36,512	35,066	9,324
0	10,128	37,183	–0,464	–2,265	–35,882	–0,464	38,54	35,956	9,536
15	14,26	36,578	–0,28	–6,397	–35,082	–0,28	39,261	35,661	9,190
30	18,04	34,252	–0,076	–10,176	–32,661	–0,076	38,712	34,21	8,311
45	21,21	30,361	0,132	–13,346	–28,786	0,132	37,036	31,729	6,958
60	23,554	25,172	0,331	–15,69	–23,718	0,331	34,475	28,44	5,222

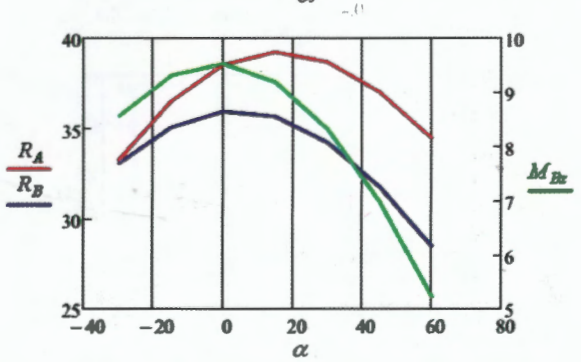
Положення рукояті *A*





Положення рукояті A_1



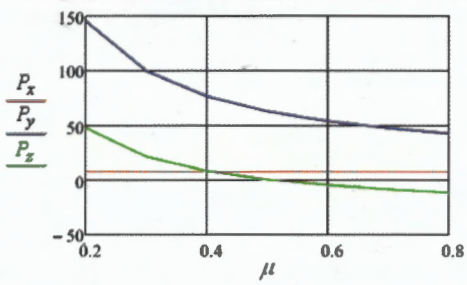


на руки оператора. Реакція на передній рукояті (положення A та A_1) збільшується більш інтенсивно, при положенні A реакція R_A збільшується у 5,3 раза, а R_B в 1,46 раза; величина моменту відносно осі z (M_{Bz}) збільшується удвічі. При установленні рукояті в положення A_1: R_A – збільшується у 5,44 раза; R_B – у 1,45; M_{Bz} – у 3,62 рази. Зміна положення рукояті практично не впливає

Таблиця 4

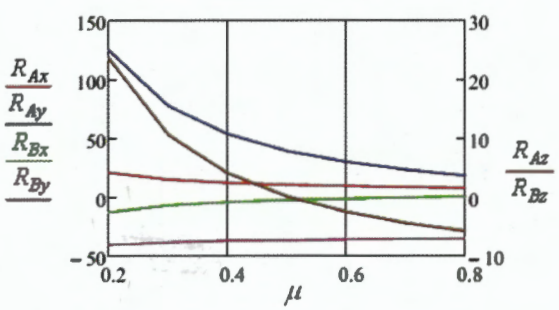
Зміна сил та реакцій при зміні коефіцієнта μ

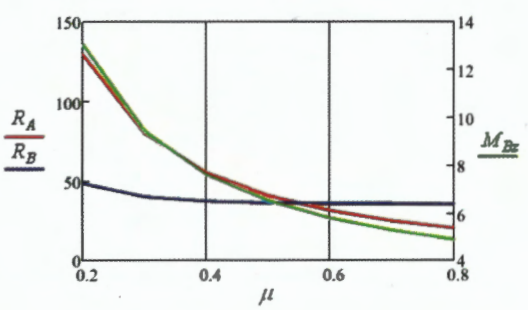
μ	P_x, Н	P_y, Н	P_z, Н
0,2	7,863	145,115	47,463
0,3	7,863	99,715	21,25
0,4	7,863	77,016	8,146
0,5	7,863	63,396	0,282
0,6	7,863	54,316	–4,96
0,7	7,863	47,831	–8,704
0,8	7,863	42.966	–11,513



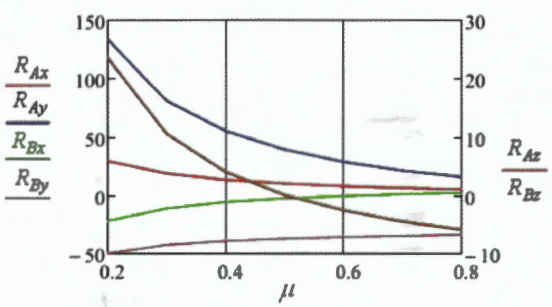
μ	Сили реакції на рукояті у положенні A, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
0,2	20,887	125,193	23,731	–13,024	–40,079	23,731	129,123	48,364	13,003
0,3	15,154	77,615	10,626	–7,29	–37,9	10,626	79,791	40,03	9,382
0,4	12,287	53,826	4,073	–4,423	–36,81	4,073	55,36	37,298	7,572
0,5	10,567	39,552	0,141	–2,703	–36,156	0,141	40,94	36,258	6,486
0,6	9,420	30,037	–2,48	–1,557	–35,721	–2,48	31,577	35,84	5,762
0,7	8,601	23,24	–4,352	–0,738	–35,409	–4,352	25,16	35,683	5,245
0,8	7,987	18,142	–5,75ft	–0,123	–35,176	–5,756	20,641	35,64	4,857
μ	Сили реакції на рукояті у положенні A_1, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
0,2	29,787	134,093	23,731	–21,923	–48,978	23,731	139,396	58,674	27,032
0,3	19,138	81,6	10,626	–11,275	–41,884	10,626	84,485	44,658	17,555
0,4	13,814	55,353	4,073	–5,951	–38,337	4,073	57,196	39,01	12,817
0,5	10,620	39,605	0,141	–2,756	–36,209	0,141	41,005	36,314	9,973
0,6	8,490	29,107	–2,48	–0,627	–34,791	–2,48	30,421	34,884	8,078
0,7	6,969	21,608	–4,352	0,895	–33,777	–4,352	23,117	34,068	6,724
0,8	5,828	15,983	–5,756	2,035	–33,017	–5,756	17,96	33,577	5,709

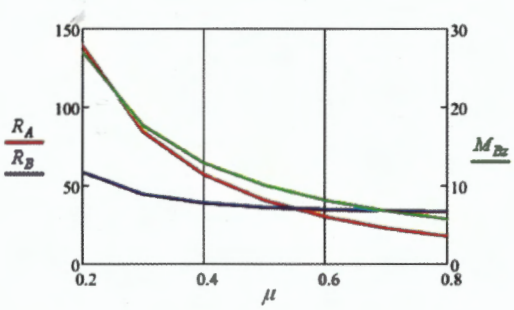
Положення рукояті A





Положення рукояті A_1



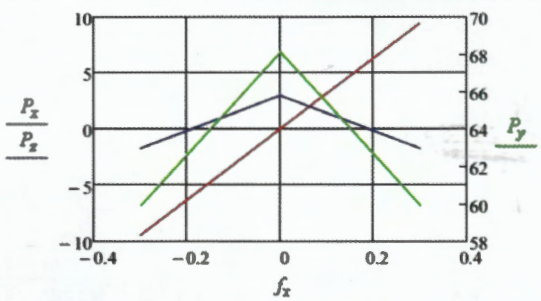


на величину сумарної реакції на рукоятях, але збільшується момент M_{Bz}. Збільшення потужності призводить до значного збільшення складових навантаження, що діє по осі y. З точки зору рівноваги реакцій на руки оператора найбільш ефективним, при прийнятих вихідних умовах, є використання КШМ потужністю $N \approx 2500$ Вт, де $R_A \approx R_B$.

Таблиця 5

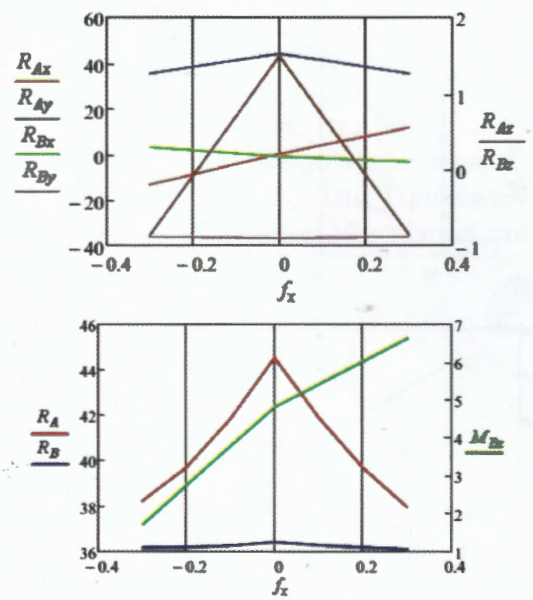
Зміна сил та реакцій при зміні коефіцієнта f_x

f_x	P_x, Н	P_y, Н	P_z, Н
–0,3	–9,436	59,939	–1,714
–0,2	–6,291	62,663	–0,141
–0,1	–3,145	65,387	1,432
0	0	68,111	3,004
0,1	3,145	65,387	1,432
0,2	6,291	62,663	–0,141
0,3	9,436	59,939	–1,714

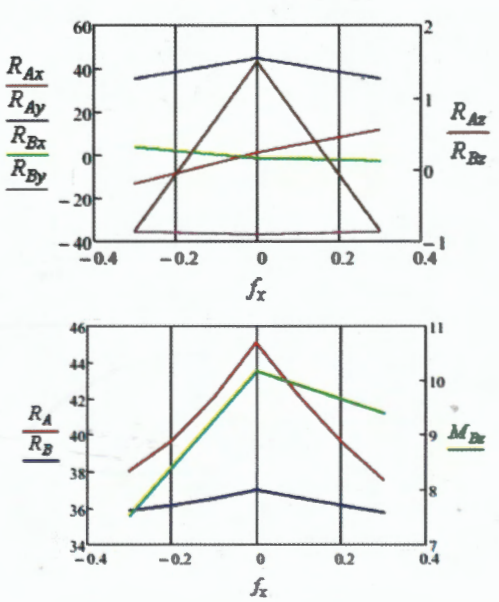


f_x	Сили реакції на рукояті у положенні A, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
–0,3	–12,981	35,929	–0,857	3,545	–35,99	–0,857	38,212	36,175	1,714
–0,2	–8,435	38,784	–0,071	2,144	–36,121	–0,071	39,69	36,185	2,749
–0,1	–3,889	41,638	0,716	0,743	–36,252	0,716	41,826	36,267	3,784
0	0,657	44,493	1,502	–0,657	–36,383	1,502	44,523	36,42	4,818
0,1	4,515	41,638	0,716	–1,37	–36,252	0,716	41,889	36,285	5,419
0,2	8,373	38,784	–0,071	–2,082	–36,121	–0,071	39,677	36,181	6,019
0,3	12,231	35,929	–0,857	–2,795	–35,99	–0,857	37,964	36,109	6,619
f_x	Сили реакції на рукояті у положенні A_1, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
–0,3	–13,302	35,608	–0,857	3,866	35,669	–0,857	38,021	35,888	7,529
–0,2	–8,461	38,757	–0,071	2,171	–36,095	–0,071	39,67	36,16	8,411
–0,1	–3,62	41,907	0,716	0,475	–36,52	0,716	42,069	36,53	9,293
0	1,220	45,056	1,502	–1,22	–36,946	1,502	45,098	36,997	10,175
0,1	4,784	41,907	0,716	–1,638	–36,52	0,716	42,185	36,564	9,919
0,2	8,347	38,757	–0,071	–2,056	–36,095	–0,071	39,646	36,153	9,664
0,3	11,910	35,608	–0,857	–2,474	–35,669	–0,857	37,556	35,765	9,408

Положення рукояті A



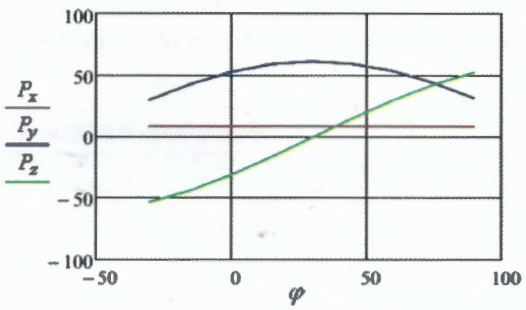
Положення рукояті A_1



Таблиця 6

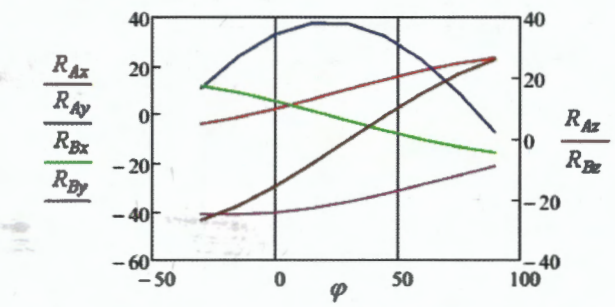
Зміна сил та реакцій при зміні кута φ

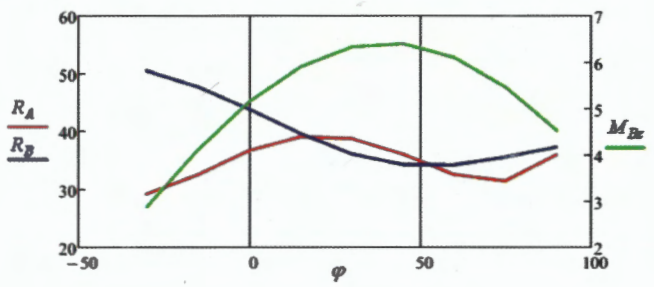
φ, °	P_x, Н	P_y, Н	P_z, Н
–30	7,863	29,847	–53,552
–15	7,863	42,69	–44,002
0	7,863	52,624	–31,454
15	7,863	58,972	–16,762
30	7,863	61,301	–0,927
45	7,863	59,452	14,97
60	7,863	53,552	29,847
75	7,863	44,002	42,69
90	7,863	31,454	52,624



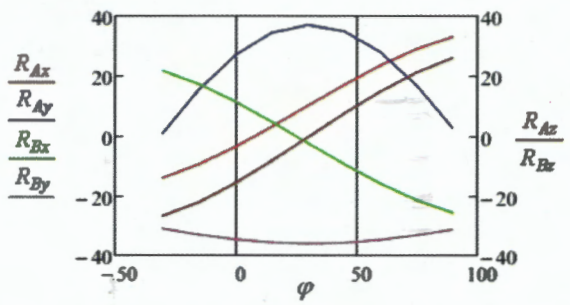
φ, °	Сили реакції на рукояті у положенні A, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
–30	–4,035	10,855	–26,776	11,899	–41,008	–26,776	29,173	50,4	2,890
–15	–1,265	23,915	–22,001	9,128	–41,224	–22,001	32,52	47,611	4,123
0	2,212	33,048	–15,727	5,652	–40,424	–15,727	36,666	43,742	5,148
15	6,157	37,633	–8,381	1,707	–38,661	–8,381	39,043	39,596	5,897
30	10,302	37,356	–0,464	–2,439	–36,056	–0,464	38,754	36,141	6,319
45	14,365	32,238	7,485	–6,502	–32,786	7,485	36,079	34,252	6,385
60	18,068	22,626	14,924	–10,205	–29,075	14,924	32,575	34,237	6,089
75	21,16	9,176	21,345	–13,297	–25,174	21,345	31,426	35,583	5,453
90	23,429	–7,195	26,312	–15,566	–21,351	26,312	35,959	37,289	4,520
φ, °	Сили реакції на рукояті у положенні A_1, Н								
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Az}	R_{Bx}	R_{By}	R_{Bz}	R_A	R_B	M_{Bz}
–30	–14,076	0,814	–26,776	21,940	–30,967	–26,776	30,261	46,446	2,970
–15	–9,515	15,664	–22,001	17,379	–32,974	–22,001	28,635	43,282	5,742
0	–3,686	27,150	–15,727	11,549	–34,526	–15,727	31,592	39,658	7,846
15	3,014	34,490	–8,381	4,849	–35,518	–8,381	35,621	36,814	9,140
30	10,128	37,183	–0,464	–2,265	–35,882	–0,464	38,540	35,956	9,536
45	17,172	35,045	7,485	–9,308	–35,593	7,485	39,737	37,544	9,006
60	23,665	28,223	14,924	–15,801	–34,671	14,924	39,740	40,920	7,587
75	29,165	17,181	21,345	–21,301	–33,179	21,345	40,017	44,835	5,376
90	33,297	2,672	26,312	–25,433	–31,218	26,312	42,522	48,101	2,522

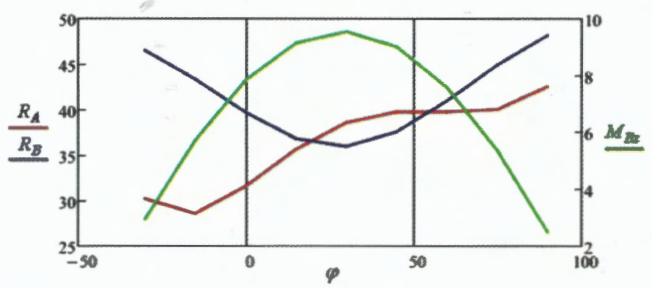
Положення рукояті A





Положення рукояті A_1





Зміна діаметра круга (табл. 2) за умови використання повної потужності та незмінності частоти обертання збільшує навантаження на оператора: на рукояті A – в чотири рази, на рукояті B – приблизно в 1,4 раза, та момент M_{Bz}: при положенні A – збільшується у 2,26 раза, а при положенні A_1 – приблизно утричі.

Зміна кута α (табл. 3) при незмінних інших параметрах незначно впливає на зміну сумарних навантажень на рукоятях КШМ, але призводить до суттєвого перерозподілу їх складових у напрямку осей x, y, z. Що показує можливість вибору найбільш зручного положення оператора при проведенні робіт.

На зміну навантажень на рукоятях машини впливає величина відношення тангенціального до нормального зусилля на крузі, що характеризується коефіцієнтом μ (табл. 4), який залежить від характеристик круга та оброблюваного матеріалу, а також колової швидкості. Найменші сумарні навантаження на рукоятях КШМ $|R_A|+|R_B|$ мають місце при збільшенні коефіцієнта μ.

Вплив μ на навантаження на рукоятях A та B різний. Навантаження R_A значно знижується на усьому діапазоні μ від 0,2 до 0,8 приблизно у 6,5 раза, у той час як R_B різко знижується в діапазоні μ від 0,2 до 0,5, після чого стабілізується. Момент M_{Bz} з ростом μ зменшується приблизно у 2,5 раза для обох положень рукояті A. При зміні положення рукояті з положення A в положення A_1 при збільшенні значення μ від 0,2 до 0,8 зміна реакцій R_A та R_B змінюється від 7 % до 15 %, відповідно до зміни μ, а момент M_{Bz} – від 100 % до 17 % відповідно.

Зміна коефіцієнта f_x (табл. 5) значно не впливає на величину реакцій R_A та R_B, але впливає на напрямок дії цих реакцій. На величину M_{Bz} вплив зміни коефіцієнта f_x більш суттєвий, особливо у положенні A, де момент різниться практично у п'ять разів. При положенні A_1 максимальний момент M_{Bz} відповідає значенню $f_x = 0$, при зміні f_x відбувається зниження величини M_{Bz} на 10 % – 30 %.

Суттєво впливає на навантаження положення круга відносно оброблюваного матеріалу, яке характеризується кутом φ (табл. 6). Рівномірність навантаження на рукоятях КШМ, тобто $|R_A| \approx |R_B|$ має місце при $\varphi \approx 15°...25°$, за максимального значення моменту M_{Bz}. Зі зміною кута від значень $\varphi \approx 15°...25°$ навантаження R_A та R_B збільшуються, а момент M_{Bz} – зменшується. У діапазоні $\varphi \approx 15°...45°$ всі навантаження змінюються незначно у діапазоні до 5 % – 7 % для обох положень рукояті A.

Отже, можна дійти висновку, що навантаження на рукоятях КШМ залежать не тільки від конструктивних параметрів і режимів роботи машини, умов підходу машиною до місця обробки (технологічні умови), але і від взаємного розташування робочого інструменту та виробу, від зносу інструменту, його технічного стану, фізичного стану та навичок оператора. Загалом це впливає на зручність утримання машини в руках оператора, якість та безпечність проведення робіт.

Методика розрахунку та проведений на її основі аналіз дозволяють обґрунтовано підійти до вибору основних параметрів машини, режимів та прийомів роботи.

[1] *Абрашкевич Ю.Д., Пелевін Л.Є., Мачишин Г.М.* Зменшення енергетичних витрат при різанні металопрокату на монтажних ділянках. // «Промислове будівництво та інженерні споруди» – 2017. – № 2 – С. 43–46.

[2] Механізація трудомістких процесів / *Ю.Д. Абрашкевич, В.М. Смірнов, Л.Є. Пелевін, В.П. Рашківський.* – Київ: КНУБА, 2006. – 180 с. – (КНУБА).

Надійшла 19.04.2019 р.

ДО ВІДОМА ДОПИСУВАЧІВ ЖУРНАЛУ !

Вимоги щодо публікації статей:

- Текст статті в електронному виді, авторська довідка (для наукових статей ще анотація мовою статті та англійською, ключові слова, УДК), підготовлені у Microsoft Word та фото авторів.
- Ілюстрації надаються підготовленими у Adobe Photoshop або Microsoft Word, Excel чи на паперових носіях для сканування. Формат надання – tif, eps, jpg, pcx, doc, docx – 300 dpi.
- Авторська довідка має містити наступні дані: прізвище, ім'я та по батькові повністю, місце роботи, посада, науковий ступінь, вчені звання, а також номер контактного телефону та електронну адресу.

ЖУРНАЛ МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ
У БУДЬ-ЯКОМУ ВІДДІЛЕННІ ДП «ПРЕСА»
(передплатний індекс – 98848)
АБО ЗАМОВИТИ У РЕДАКЦІЇ ЖУРНАЛУ

Видавець ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»

Рекомендовано до друку вченою радою ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» (протокол № 2 від 06.06.2019 р.)

Адреса редакції та видавця: вул. В. Шимановського, 2/1, Київ, 02125, ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»

тел. (044) 516-52-85, 543-98-36 e-mail: redakpbis@urdisc.com.ua

Оригінал-макет підготовлений редакцією журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»
Комп'ютерна верстка та дизайн – **Цапро Т.І.**
Дизайн обкладинки – **Артюшенко В.С.**

Підписано до друку 06.06.2019 р. Формат 60 × 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1.
Тираж 300 прим.
Віддруковано ТОВ «Поліпрінт», вул. Лугова, 1-А, м. Київ, 04074, тел. 464-17-91
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1250 від 22.02.2003 р.

* **Оформлення, стиль та зміст журналу є об'єктом авторського права і захищається законом**
* **Передрук розміщених у журналі матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції**
* **Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори**
* **За зміст реклами відповідає подавач**
* **Редакція не завжди поділяє думку авторів**
* **Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали**